This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 1,063,966

Library of the University of Michigan
Bought with the income
of the
Ford-Messer
Bequest

4
56
.B9

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES.

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES.

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest.

CONST. DE FID. CATH. C. IV

TROISIÈME ANNÉE, 1878-1879.

BRUXELLES

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

1879

Pages.

V. Assemblée générale du jeudi 30 janvier 1879 125
VI. — — du lundi 21 avril 1879 128
Rapport du Secrétaire. . . . . *Ib.*
— du Trésorier 132
VII. Assemblée générale du mardi 22 avril 1879. 135
VIII. — — du mercredi 23 avril 1879 154
Toast de M. L. Cousin, vice-président, au banquet de ce jour. *Ib.*
IX. Assemblée générale du jeudi 24 avril 156
Approbation des comptes présentés lundi par le Trésorier. . 157
Proclamation du résultat des élections. . . . . *Ib.*
Paroles de M. Louis Henry, président élu pour la quatrième année. . . . . *Ib.*
Liste des ouvrages offerts à la Société scientifique de Bruxelles 165

AUTEURS.

Béchamp, 92, 134, 157. — Belpaire, 52, 65, 70. — Boulangé, 125. — Bruylants, 91. — Carbonnelle, 53, 70, 125, 128. — Chautard, 126. — L. Cousin, 58, 66, 134, 154. — d'Abbadie, 77, 78. — de Fierlant, 153. — De Heen, 90, 91. — de la Boëssière, 134, 153. — de Lapparent, 98, 108, 109, 153, 154. — de la Vallée Poussin, 125. — Delgeur, 98, 99, 100, 101, 102. — Delsaulx, 80. — Delvigne, 101. — de Régnon, 65. — Desplats, 111, 121. — Dewalque, 90, 93. — de Wavrin, 98, 100. — Domec, 112, 135. — Dumont, 111, 113. — Eustache, 113. — Faucon, 109. — Focillon, 113, 116, 118, 120, 157. — Ghysens, 53. — Gilbert, 53, 57, 58, 70, 80, 81, 122. — Louis Henry, 90, 91, 95, 97, 152, 157. — Joubert, 65. — Lafont, 150. — Lagasse, 65, 69. — Lecomte, 98, 100, 102. — Lefebvre, 154. — Mansion, 53, 55, 57, 69. — Moeller, 125. — Papillon, 121. — A. Proost, 121. — Rachon, 103, 105, 106. — Renard, 100, 108, 109, 121. — Schmitz, 111. — Sénac-Lagrange, 111. — Theunis, 97. — Léon t'Serstevens, 135. — Turquan, 65. — Van Tricht, 156. — Willième, 111.

SECONDE PARTIE.

MÉMOIRES.

Pages.

Note sur les polygones qui sont à la fois inscrits dans un cercle et circonscrits à un autre cercle, par M. V. Puiseux, membre de l'Institut. . . . 1

Sur l'éthérification des acides organiques en général et de l'acide azotique, par M. Louis Henry 13

Recherches sur les dérivés glycériques, par M. L. Henry 47

Note sur les théories relatives à la structure cristalline, par M. A de Lapparent. 73

Sur l'extension aux mouvements plans relatifs de la méthode des normales et des centres de courbure, par M. Ph. Gilbert 81

Recherches sur les dérivés glycériques, par M. L. Henry. 93

Sur la réduction des forces centrifuges composées dans le mouvement relatif d'un corps solide, par M. Ph. Gilbert. 141

Formation de la réduite de l'équation du multiplicateur dans le cas de la transformation du septième ordre, par le R. P. Joubert, S J. 157

De la réfraction à travers les lentilles sphériques épaisses, par le R. P. Th. de Régnon, S. J. 181

De la similitude en thermologie, par M. J.-N. Haton de la Goupillière . . . 207

Sur une propriété des surfaces du second degré dans la théorie de l'électricité statique, par le R. P. Jos. Delsaulx, S. J. 213

Assainissement des villes et conservation des cours d'eau, par M. L. Cousin. 221

Réponse à la Note de M. de Lapparent : « Sur les théories relatives à la structure cristalline, » par M. L. Sohncke. 247

Réplique de M. de Lapparent. 255

Note sur quelques principes fondamentaux d'analyse, par M. P. Mansion . 259

Études de chimie moléculaire, par M. L. Henry 267

La peste d'Astrakhan, par M. le docteur Lefebvre 331

Pages.

La concurrence de l'agriculture américaine, par M. Léon t'Serstevens. . . 375

De la science et des conditions du travail scientifique au point de vue des Universités catholiques et de la Société scientifique de Bruxelles, par M. L. Henry 397

Progrès récents de la géologie, par M. A. de Lapparent. 421

AUTEURS.

L. Cousin, 221. — de Lapparent, 73, 255, 421. — Delsaulx, 213. — de Régnon, 181. — Ph. Gilbert, 81, 141. — Haton de la Goupillière, 207. — L. Henry, 13, 47, 93, 267, 397. — Joubert, 157. — Lefebvre, 331. — Mansion, 259. — V. Puiseux, 1. — Sohncke, 247. — Léon t'Serstevens, 375.

PREMIÈRE PARTIE

DOCUMENTS ET COMPTES RENDUS

STATUTS

Article 1er. — Il est constitué à Bruxelles une association qui prend le nom de Société scientifique de Bruxelles, avec la devise : « *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest* (1). »

Art. 2. — Cette association se propose de favoriser, conformément à l'esprit de sa devise, l'avancement et la diffusion des sciences.

Art. 3. — Elle publiera annuellement le compte rendu de ses réunions, les travaux présentés par ses membres, et des rapports sommaires sur les progrès accomplis dans chaque branche.

Elle tâchera de rendre possible la publication d'une revue destinée à la vulgarisation (2).

Art. 4. — Elle se compose d'un nombre illimité de membres, et fait appel à tous ceux qui reconnaissent l'importance d'une culture scientifique sérieuse pour le bien de la société.

---

(1) Const. de Fid. cath. C. IV.

(2) Depuis le mois de janvier 1877, cette revue paraît, par livraisons trimestrielles, sous le titre de *Revue des questions scientifiques*. Elle forme chaque année deux volumes in-8° de 700 pages. Prix de l'abonnement : 20 francs par an pour tous les pays de l'Union postale. Les membres de la Société scientifique ont droit à une réduction de 25 pour cent.

Art. 5. — Elle est dirigée par un *Conseil* de vingt membres, élus annuellement dans son sein. Le Président, les Vice-Présidents, le Secrétaire et le Trésorier font partie de ce Conseil. Parmi les membres du Bureau, le Secrétaire et le Trésorier sont seuls rééligibles.

Art. 6. — Pour être admis dans l'association, il faut être présenté par deux membres. La demande, signée par ceux-ci, est adressée au Président, qui la soumet au Conseil. L'admission n'est prononcée qu'à la majorité des deux tiers des voix.

L'exclusion d'un membre ne pourra être prononcée que pour des motifs graves et à la majorité des deux tiers des membres du Conseil.

Art. 7. — Les membres qui souscrivent, à une époque quelconque, une ou plusieurs parts du capital social, sont *membres fondateurs*. Ces parts sont de 500 francs. Les *membres ordinaires* versent une cotisation annuelle de 15 francs, qui peut toujours être rachetée par une somme de 150 francs, versée une fois pour toutes.

Le Conseil pourra nommer des *membres honoraires* parmi les savants étrangers à la Belgique.

Les noms des membres fondateurs figurent en tête des listes par ordre d'inscription, et ces membres reçoivent autant d'exemplaires des publications annuelles qu'ils ont souscrit de parts du capital social. Les membres ordinaires et les membres honoraires reçoivent un exemplaire de ces publications.

Tous les membres ont le même droit de vote dans les Assemblées générales.

Art. 8. — Chaque année, il y a trois sessions. La principale se tiendra dans la quinzaine qui suit la fête de Pâques, et pourra durer quatre jours. Le public y sera admis sur la présentation de cartes. On y lit les rapports annuels, et l'on y nomme le Bureau et le Conseil pour l'année suivante.

Les deux autres sessions se tiendront en octobre et en janvier.

Elles pourront durer deux jours, et auront pour objet principal de préparer la session de Pâques.

Art. 9. — Lorsqu'une résolution, prise dans l'Assemblée générale, n'aura pas été délibérée en présence du tiers des membres de la Société, le Conseil aura la faculté d'ajourner la décision jusqu'à la prochaine session de Pâques. La décision sera alors définitive, quel que soit le nombre des membres présents.

Art. 10. — La Société ne permettra jamais qu'il se produise dans son sein aucune attaque, même courtoise, à la religion catholique, ou à la philosophie spiritualiste et religieuse.

Art. 11. — Dans les sessions, la Société se répartit en cinq sections : I. *Sciences mathématiques*, II. *Sciences physiques*, III. *Sciences naturelles*, IV. *Sciences médicales*, V. *Sciences économiques*.

Tout membre de l'association choisit chaque année la section à laquelle il désire appartenir. Il a le droit de prendre part aux travaux des autres sections avec voix consultative.

Art. 12. — La session comprend des séances générales et des séances de section.

Art. 13. — Le Conseil représente l'association. Il a tout pouvoir pour gérer et administrer les affaires sociales. Il place en rentes sur l'État ou en valeurs garanties par l'État les fonds qui constituent le capital social.

Il fait tous les règlements d'ordre intérieur que peut nécessiter l'exécution des statuts, sauf le droit de contrôle de l'Assemblée générale.

Il délibère, sauf les cas prévus à l'article 6, à la majorité des membres présents. Néanmoins, aucune résolution ne sera valable qu'autant qu'elle aura été délibérée en présence du tiers au moins des membres du Conseil dûment convoqué.

Art. 14. — Tous les actes, reçus et décharges sont signés par le Trésorier et un membre du Conseil, délégué à cet effet.

Art. 15. — Le Conseil dresse annuellement le budget des dépenses de l'association et présente dans la session de Pâques le

compte détaillé des recettes et dépenses de l'exercice écoulé. L'approbation de ces comptes, après examen de l'Assemblée, lui donne décharge.

Art. 16. — Les statuts ne pourront être modifiés que sur la proposition du Conseil, à la majorité des deux tiers des membres votants, et dans l'Assemblée générale de la session de Pâques.

Les modifications ne pourront être soumises au vote qu'après avoir été proposées dans une des sessions précédentes. Elles devront figurer à l'ordre du jour dans les convocations adressées à tous les membres de la Société.

Art. 17. — La devise et l'article 10 ne pourront jamais être modifiés.

En cas de dissolution, l'Assemblée générale, convoquée extraordinairement, statuera sur la destination des biens appartenant à l'association. Cette destination devra être conforme au but indiqué dans l'article 2.

LETTRE

DE

S. S. LE PAPE LÉON XIII

AU PRÉSIDENT ET AUX MEMBRES
DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Pendant les fêtes de Noël, un membre du Conseil, M. de Cannart d'Hamale, sénateur du royaume de Belgique, fut admis à présenter au pape, au nom de la Société, tous les volumes publiés des *Annales* et de la *Revue des questions scientifiques*, accompagnés de l'adresse suivante :

TRÈS SAINT PÈRE,

La Société scientifique de Bruxelles a vivement désiré l'honneur de déposer aux pieds de Votre Sainteté un exemplaire de ses publications. Fondée en 1875 avec la bénédiction du Vicaire de Jésus-Christ, elle compte aujourd'hui plus de 700 membres qui, dans toutes les parties du monde, s'efforcent de prouver, par leur soumission aux enseignements de l'Église et par leurs travaux scientifiques, que suivant leur devise empruntée aux constitutions du Concile du Vatican, il ne peut jamais exister de désaccord réel entre la foi et la raison. Elle demande humblement que Votre bénédiction, Très Saint Père, la soutienne et l'encourage dans l'œuvre importante à laquelle elle s'est vouée.

Léon XIII voulut bien agréer ce respectueux hommage, et s'informer en détail de l'histoire et de l'état actuel de notre œuvre. Trois semaines après, non content d'accorder la bénédiction demandée, il adressait au président et aux membres la lettre dont nous donnons ici le texte original et la traduction.

Dilectis Filiis Praesidi ac Membris Societatis Scientificae Bruxellis constitutae.

LEO PP. XIII.

DILECTI FILII SALUTEM ET APOSTOLICAM BENEDICTIONEM.

Gratae Nobis advenerunt litterae vestrae una cum Annalibus et Quaestionibus a vobis editis, quas in obsequentissimum erga Nos et Apostolicam Sedem pietatis testimonium obtulistis. Libenter sane agnovimus Societatem vestram quae a scientiis sibi nomen fecit, et quae tribus tantum abhinc annis laetis auspiciis ac Iesu Christi Vicarii benedictione Bruxellis constituta est, magnum iam incrementum cepisse, et uberes fructus polliceri. Profecto cum infensissimi relligionis ac veritatis hostes nunquam desistant, imo magis magisque studeant dissidium rationem inter ac fidem propugnare, opportunum est ut praestantes scientia ac pietate viri ubique exurgant, qui Ecclesiae doctrinis ac documentis ex animo obsequentes, in id contendant, ut demonstrent *nullam unquam inter fidem et rationem veram dissensionem esse posse;* quemadmodum Sacrosancta Vaticana Synodus, constantem Ecclesiae et Sanctorum Patrum doctrinam affirmans, declaravit Constitutione IV^a^ de fide catholica. Quapropter gratulamur quod Societas vestra hunc primo finem sibi proposuerit, itemque in statutis legem dederit, ne quid a sociis contra sanam christianae philosophiae doctrinam committatur; simulque omnes hortamur ut nunquam de egregio eiusmodi laudis tramite deflectant, atque ut toto animi nisu praestitutum Societatis finem praeclaris exemplis ac scriptis editis continuo assequi adnitantur. Deum autem Optimum Maximum precamur, ut vos omnes caelestibus praesidiis confirmet ac muniat: quorum auspicem et Nostrae in vos benevolentiae pignus, Apostolicam benedictionem vobis, dilecti filii, et Societati vestrae ex animo impertimur.

Datum Romae apud S. Petrum die 15. Ianuarii 1879. Pontificatus Nostri Anno Primo.

LEO P. P. XIII.

A nos chers fils, le Président et les Membres de la Société scientifique de Bruxelles.

LÉON XIII PAPE.

CHERS FILS, SALUT ET BÉNÉDICTION APOSTOLIQUE.

Votre lettre Nous a été agréable, ainsi que les Annales et les Questions publiées par vous et offertes en témoignage de votre piété respectueuse envers Nous et le Siége apostolique. Nous avons vu réellement avec plaisir que votre Société, qui a adopté le nom de Société scientifique, et s'est constituée à Bruxelles, depuis trois ans seulement, sous d'heureux auspices avec la bénédiction du Vicaire de Jésus-Christ, a déjà pris un grand développement et promet des fruits abondants. Certes puisque les ennemis acharnés de la religion et de la vérité ne se lassent point et s'obstinent même de plus en plus à proclamer l'opposition entre la raison et la foi, il est opportun que partout surgissent des hommes distingués par la science et la piété, qui, attachés de cœur aux doctrines et aux enseignements de l'Église, s'appliquent à démontrer *qu'il ne peut jamais exister de désaccord réel entre la foi et la raison,* comme l'a déclaré, dans la Constitution IV *de fide catholica,* le saint concile du Vatican affirmant la doctrine constante de l'Église et des saints Pères. C'est pourquoi Nous félicitons votre Société de ce qu'elle s'est d'abord proposé cette fin, et aussi de ce qu'elle a mis dans les Statuts un article défendant à ses membres toute attaque aux saines doctrines de la philosophie chrétienne; et en même temps Nous les exhortons tous à ne jamais s'écarter de la voie excellente qui leur vaut un tel éloge, et à poursuivre continuellement de tout l'effort de leur esprit l'objet assigné à la Société, par d'éclatants exemples et par leurs publications. Nous prions Dieu très bon et très grand, qu'il vous soutienne tous et vous fortifie du céleste secours : en présage duquel, et comme gage de Notre bienveillance envers vous, Nous accordons du fond du cœur à vous, chers fils, et à votre Société la bénédiction apostolique.

Donné à Rome, à Saint-Pierre, le 15 janvier 1879, l'an 1 de notre Pontificat.

LÉON XIII, PAPE.

Cette lettre pontificale est le plus précieux encouragement que la Société ait reçu depuis sa fondation. D'illustres savants nous ont donné leur adhésion, d'habiles écrivains ont collaboré à nos publications, de nombreux amis nous ont soutenus de leur influence; le pape Pie IX a béni la Société dès son premier jour; mais, après trois ans d'existence, lorsque les comptes rendus de nos réunions et deux grandes publications périodiques permettent de nous juger sur nos actes, des paroles aussi encourageantes, venues d'un pontife qui connaît si bien les besoins et les ressources de notre époque, dépassent à nos yeux tout le reste. Nous recevons donc avec une vive reconnaissance ces félicitations pour le but que nous nous sommes proposé et pour les garanties inscrites dans nos Statuts, ces sages conseils qui rappellent ceux du Concile du Vatican, ces paternelles exhortations, et cette bénédiction apostolique qui nous présage le succès. Le prix en est doublé par l'affectueuse bienveillance qui respire dans toute cette lettre, et qui faisait dire à un prélat éminent : « Léon XIII, on le voit, bénit cette œuvre de tout son cœur. » C'est de tout notre cœur aussi que nous allons redoubler d'efforts pour nous en montrer dignes.

LISTES

DES

MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Liste des membres fondateurs.

S. E. le cardinal DECHAMPS, archevêque de. . .	Malines.
François DE CANNART D'HAMALE, sénateur . . .	Malines.
Charles DESSAIN	Malines.
Jules VAN HAVRE (1)	Anvers.
Le chanoine MAES (1)	Bruges.
L'abbé A. DE LEYN	Bruges.
LEIRENS-ELIAERT, sénateur	Alost.
Joseph SAEY.	Bruxelles.
Frank GILLIS	Bruxelles.
Le Ch^er DE SCHOUTHEETE DE TERVARENT, vice-président du Conseil provincial de la Flandre orientale.	Saint-Nicolas.
Le Collège SAINT-MICHEL.	Bruxelles.
Le Collège NOTRE-DAME DE LA PAIX	Namur.
Le duc D'URSEL, sénateur (1)	Bruxelles.
Le P^ce Gustave DE CROY	Le Rœulx.
Le Cte DE T'SERCLAES, gouverneur de la Flandre orientale	Gand.
Auguste DUMONT DE CHASSART (1)	Mellet (Hainaut).
Charles HERMITE, membre de l'Institut	Paris.

---

(1) Décédé.

L'École libre de l'Immaculée Conception . . . . Vaugirard-Paris.
L'École libre Sainte-Geneviève . . . . . Paris.
Le Collège Saint-Servais . . . . . Liège.
Le Cte de Bergeyck . . . . . Beveren-Waes.
L'Institut Saint-Ignace . . . . . Anvers.
Philippe Gilbert . . . . . Louvain.
Le R. P. Provincial de la Compagnie de Jésus en Belgique . . . . . Bruxelles.
Le Collège d'Alost . . . . . Alost.
Le chanoine de Wouters . . . . . Soignies.
Antoine d'Abbadie, membre de l'Institut . . . Paris.
S. E. le cardinal Haynald, archevêque de Kalocsa et Bàcs . . . . . Hongrie.
S. E. Mgr S. Vannutelli, nonce apostolique . . Bruxelles.

Liste des membres honoraires.

—

Le Pce B. Boncompagni, de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei . . . . . Rome.
Antoine d'Abbadie, membre de l'Institut . . . Paris.
Charles Hermite, membre de l'Institut . . . . Paris.
Victor Puiseux, membre de l'Institut . . . . Paris.
Joachim Barrande . . . . . Prague.
Le général Newton . . . . . New-York.
Le docteur Foerster . . . . . Aix-la-Chapelle.
Le R. P. Perry, S. J., de la Société royale de Londres . . . . . Stonyhurst.
A. de Lapparent . . . . . Paris.
A. Barré de Saint-Venant, membre de l'Institut . Paris.
A. Béchamp . . . . . Lille.
F. Le Play . . . . . Paris.

Liste générale des membres de la Société scientifique de Bruxelles.

—

ABBELOOS (Chanoine), docteur en théologie, curé de Duffel (Anvers).

ADAN DE YARZA (Ramon), ingénieur des mines, 19, rue de Bidebarrieta. — Bilbao (Espagne).

AGIE (Gustave), rue de l'Amman. — Anvers.

ALBEAR Y LARA (Brigadier D. Francisco), ingénieur, directeur du canal de Vento. — La Havane (Cuba).

ALCOLADO, S. J. (R. P.), professeur d'analyse, Colegio del Pasage. — La Guardia. Pontevedra (Espagne).

ALEXIS, M. G. (Frère), 27, rue Oudinot. — Paris.

ALFAGEME (José), catedrático de Fisica y Quimica en el Instituto. — Santiago (Espagne).

ALMERA (Abbé Jaime), profesor de Geologia en el Seminario de Barcelona (Espagne).

ANDRÉ (J.-B.), ingénieur, 88, rue Marie-Thérèse. — Louvain.

ANSCHÜTZ (Dr. F.), professeur de mathématiques au gymnase de Neuburg A. D. (Bavière).

ARCELIN (Adrien), secrétaire perpétuel de l'académie de Mâcon, 6, rue Lamartine. — Mâcon (Saône-et-Loire — France).

ARSON, ingénieur, chef du service des usines de la Compagnie parisienne du gaz, 40, rue de Bourgogne. — Paris.

ASCHMANN (Camille), pharmacien, préparateur au laboratoire de chimie générale de l'Université. — Louvain.

AUGIER, docteur en médecine, professeur à l'Université catholique. — Lille (Nord — France).

AURINETA (Chcr Marco-Aurelio), docteur en médecine, palazzo Montoliveto. — Naples.

BAGUET (Charles), avocat, receveur de l'Université, 6, rue des Joyeuses Entrées. — Louvain.

BARDIN (Abbé Louis), 23, rue d'Anjou. — Angers (Maine-et-Loire — France).

Bareel (Charles), avocat, 8, rue Saint-Guidon. — Anderlecht.

Barff (Frédéric), 100, Abbey Road, Kilburn. — Londres (Angleterre).

Barrande (Joachim), 419, Choteksgasse, Kleinseite. — Prague.

Bayle (Émile), professeur à l'École des mines, 63, boulevard Saint-Michel. — Paris.

Beaucourt (Abbé Léopold), curé des Écaussinnes d'Enghien.

Beauvois (Abbé), inspecteur cantonal de l'enseignement primaire, rue des Navets. — Anvers.

Béchamp, doyen de la faculté de médecine de l'Université catholique, 8, rue Beauharnais. — Lille (Nord — France).

Béchamp (Joseph), professeur à l'Université, 8, rue Beauharnais. — Lille (Nord — France).

Beckers (Auguste), avocat, rue Gérard. — Woluwe-Saint-Lambert.

Bellefroid (Victor), 13, rue Hors Château. — Liège.

Bellemans (Charles), comptable, marché aux OEufs. — Anvers.

Belpaire (Théodore), ingénieur des ponts et chaussées, 29, rue Guillaume Tell. — Gand.

Berleur (Adolphe), ingénieur, 17, faubourg Saint-Laurent. — Liège.

Bernaerts (Gustave), rue Louise. — Malines.

Bernardin (Monsieur), conservateur du Musée commercial-industriel, au Pensionnat. — Melle (Flandre Orient.),

Berryer (Charles), industriel, rue de Méan. — Liège.

Bertrand (Dieudonné), docteur en médecine. — Dinant.

Bertrand (Léon), 20, place Loix. — Bruxelles.

Beslay (François), rédacteur en chef du *Français*, 6, rue de Seine. — Paris.

Béthune-Éliaert (B^on^), sénateur, rue du Pont. — Alost.

Béthune (Mgr. Félix), rue d'Argent. — Bruges.

Bivort (Alfred). — Fontaine-l'Évêque.

Blas (Ch.), professeur à l'Université, de l'Académie royale de médecine. — Louvain.

Blondel (Alfred), ingénieur, rue du Gouvernement. — Mons.

Bonamis (Florimond), ingénieur. — Jambes (Namur).

Boncompagni (P^ce^ B.), de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei, palazzo Piombino, piazza Colonna. — Rome.

Bonnevie (Auguste), ingénieur, 32, rue du Pays. — Roubaix (Nord — France).

Bonnevie (Victor), avocat, 71, rue de Cologne. — Bruxelles.

Borre (P.), avocat, avenue Louise. — Bruxelles.

Bosmans (Abbé Jules), 79, rue de Louvain. — Bruxelles.

Bossu (Abbé L.), professeur à l'Université, rue de Namur.—Louvain.

Bouchaud (Docteur), professeur à l'Université catholique, hospice Lommelet, Marquette. — Lille (Nord — France).

Boulangé (Abbé), hydrogéologue. — Boitsfort (Brabant).

Boulay (Abbé), professeur à l'Université catholique, 70, rue Royale. — Lille (Nord — France).

Bouquillon (Abbé Th.), professeur à l'Université catholique, 70, rue Royale. — Lille (Nord — France).

Bourdeau (Abel), médecin de bataillon au 9me régiment de ligne, 103, rue de Tirlemont. — Louvain.

Bourg (Victor), ingénieur des mines. — Bois-du-Luc, par Houdeng (Hainaut).

Bourgeois (Jules), docteur en médecine. — Flénu (Hainaut).

Brabandt (Louis), 161, avenue Louise. — Bruxelles.

Braet (Gustave), élève du génie civil, rue Saint-Georges. — Gand.

Branly, professeur à l'Université catholique, 74, rue de Vaugirard. — Paris.

Brants (V.), professeur à l'Université, rue du Manège. — Louvain.

Brasseur, docteur en médecine, 66, rue Saint-Séverin. — Liège.

Brassine (J.-J.), colonel du 6e régiment de ligne. — Anvers.

Breithof (N.), professeur à l'Université, 52, rue du Canal. — Louvain.

Brêmen (Alfred), pharmacien, 2, rue Louvrex. — Liège.

Bribosia, docteur en médecine, membre de l'Académie royale de médecine, 16, rue Neuve. — Namur.

Brifaut (Armand), docteur en droit, 31, rue de Toulouse.—Bruxelles.

Broers (Fr.), docteur en droit, conseiller communal, vieille rue de Bruxelles. — Malines.

Bruno (Monsieur), supérieur du Collège de la Sainte-Trinité. — Louvain.

Bruylants, professeur à l'Université catholique, de l'Académie royale de médecine, rue de Malines. — Louvain.

Bussotti, S. J. (R. P.). — Sestri Ponente (Piémont — Italie).

Cabré, S. J., (R. P. Antonio), 3, calle de dos Amigos. — Madrid (Espagne).

Camauër (Jules), avocat. — Dinant.

Campelo (Abbé), professeur de chimie à l'Université. — Séville (Espagne).

Cappellen (Guillaume), avocat, 4, place Marguerite. — Louvain.

Carbonnelle, S. J. (R. P.), docteur en sciences physiques et mathématiques, 21, rue des Ursulines. — Bruxelles.

Carnoy (Abbé J.-B.), professeur à l'Université, 121, rue Marie-Thérèse. — Louvain.

Carnoy (Joseph), professeur à l'Université, place du Peuple.— Louvain.

Cartuyvels (Mgr), vice-recteur de l'Université. — Louvain.

Cartuyvels (Jules), ingénieur, secrétaire de la Société générale des fabricants de sucre, 12, place Sainte-Claire. — Liège.

Casarez (Antonio), catedrático de Quimica y rector di la Universidad. — Santiago (Galice — Espagne).

Casey (John), F. R. S., Catholic University, Stephen's Green. — Dublin (Irlande).

Castelein (Edgar), 4, place Léopold. — Anvers.

Cauwel (Lucien), ingénieur directeur de la Seigneurie de Wsetin (Moravie — Autriche).

César (Docteur), 14, rue Chaudronnerie.— Dijon (Côte-d'Or— France).

Champeaux, administrateur de l'Université catholique, 31, rue Négrier. — Lille (Nord — France).

Charles (Raymond), substitut du procureur du roi, rue Dupont — Bruxelles.

Charneux, rédacteur de l'*Ami de l'Ordre,* rue de la Croix. — Namur.

Chautard, doyen de la faculté des sciences de l'Université catholique, 3, rue Saint-Martin. — Lille (Nord — France).

Choyer (Abbé), chanoine honoraire, 16, rue des Bœufs. — Angers (Maine-et-Loire — France).

Claes (Charles), chez M. le notaire Claes. — Hal.

Claes (Paul), distillateur. — Kermpt-lez-Hasselt.

Closon, avocat, place Saint-Jean. — Liège.

Coenraets (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

Cogels (J.-B.-Henri), 38, longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

Collège d'Alost. — Alost.

Collège Notre-Dame de la Paix. — Namur.

Collège Saint-Michel. — Bruxelles.

Collège Saint-Servais. — Liège.

Collin (Joseph), pharmacien. — Genappe.

Colmant (Antoine), avocat, 66ᵉ, rue des Tanneurs. — Bruxelles.

Colson (Chanoine). — Namur.

Cools (Auguste), ingénieur. — Lierre.

Coppieters de Stockhove (Abbé Ch.), vicaire à Sainte-Walburge. — Bruges.

Corvilhain (Abbé). — Wavre.

Cousin (Émile), ingénieur, directeur des carrières et usines de Forrières (Luxembourg).

Cousin (L.), professeur à l'Université, 54, rue des Orphelins. — Louvain.

Cousot, docteur en médecine, membre de l'Académie royale de médecine. — Dinant.

Criquillion (Louis), ingénieur. — Lierre.

Crokaert (François), 197ᵉ, avenue Louise. — Bruxelles.

Cruyt (Alexandre), avocat, 40, rue Savaen. — Gand.

Cuisinier (Louis), ingénieur, rue des Poissonniers. — Louvain.

Cuylits (Jean), docteur en médecine, 44, boulevard de Waterloo. — Bruxelles.

d'Abbadie (Antoine), membre de l'Institut, 120, rue du Bac. — Paris; ou Abbadia par Hendaye (Basses-Pyrénées. — France).

Dallemagne (Émile), ingénieur, directeur des laminoirs de la Société de Sclessin (Liège).

Dallemagne (Jules), ingénieur. — Sclessin (Liège).

Daron (Paul). — Annevoie, près Dinant.

D'Aspremont-Lynden (Cte Charles), château d'Haltinnes par Andenne (Namur).

Dassonville-Lepée, (A.), rue de Bruges. — Menin.

Dautricourt (Camille), ingénieur, place du Parc. — Bruges.

d'Auxy de Launois (Cte Alb.), rue du Lombard. — Mons.

Davoust (Abbé), curé-doyen de Brulon (Sarthe — France).

de Aranzeta (Pedro), Gefe ingeniero del Ferro-Carril compostelano, 6, rua Nueva. — Santiago (Galice — Espagne).

De Baets (Herman), marché aux Grains. — Gand.

Debaisieux, professeur à l'Université. — Louvain.

de Bénazé, S. J. (R. P.), 18, rue Lhomond. — Paris.

de Bergeyck (Cte), château de Beveren-Waes (Flandre orientale).

de Béthune (Mis), 2, rue d'Egmont. — Bruxelles.

de Beughem (Vte), 21, rue de la Science. — Bruxelles.

De Beys (Louis), 10, rue Van Maerlant. — Bruxelles.

de Biesme (Vtesse Julie), château de Cruyshautem (Flandre orientale).

de Biolley (Vte Joseph). — Verviers.

De Blauwe (Jean), juge de paix, Grand'Place. — Courtrai.

De Bontridder (Fritz), rue de Louvain — Vilvorde.

de Borchgrave (Jules), docteur en droit et en sciences politiques et administratives, 24, rue d'Idalie. — Bruxelles.

de Borman (Cher Camille), membre de la députation permanente du Limbourg. — Schalkhoven par Bilsen (Limbourg).

Debouche (Émile), ingénieur, 14, rue de Bruxelles. — Namur.

de Bounam de Ryckholt (Bon), château de Grathem par Ruremonde (Pays-Bas).

de Bousies (Cte Adhémar), rue d'Havré. — Mons.

Debras (Abbé), principal du Collège de Bellevue. — Dinant.

de Briey (Cte Louis), membre de la Chambre des Représentants, 23, rue Joseph II. — Bruxelles.

De Brouwer (Abbé), professeur au grand Séminaire. — Bruges.

De Bruyn (Léon), membre de la Chambre des Représentants, bourgmestre de Termonde.

De Bruyn (Tony), juge au tribunal de 1re instance, 171, chaussée de Wavre. — Bruxelles.

DE BURLET (Alexandre), avocat, 17, rue du Prince-Royal.—Bruxelles.

DE BURLET (Constantin), ingénieur des ponts et chaussées, rue du Chenil. — Namur.

DE BURLET (Jules), avocat, bourgmestre de Nivelles.

DE BUSSY (L.), directeur des constructions navales. — Lorient (Morbihan — France).

DE CANNART D'HAMALE (François), sénateur, 2, rue du Poivre. — Malines.

DE CARAMAN-CHIMAY (Pce Eugène), 10, rue du Parchemin. — Bruxelles; ou Beaumont (Hainaut).

DECHAMPS (S. E. le cardinal), archevêque de Malines.

DE CLIPPELE (Abel), commissaire d'arrondissement, place Impériale. — Alost.

DE COCK, docteur en médecine, bourgmestre de Grammont.

DE CORSWAREM (Chcr Adrien), avocat. — Hasselt.

DE CROY (Pce Emmanuel). — Le Rœulx.

DE CROY (Pce Gustave). — Le Rœulx.

DE CROY (Pce Juste), 53, rue de la Loi. — Bruxelles; ou Le Rœulx.

DE DECKER (Eugène), membre de la Chambre des Représentants, 34, rue de Vénus. — Anvers.

DE DORLODOT (H.), château de Floreffe (Namur).

DE DORLODOT (Sylvain), château de Floreffe (Namur).

DE ESCUDERO (Dr José Agustin), consul general del Salvador. — Asuncion (Paraguay).

DE FIERLANT (Bon Albert), ingénieur, directeur du concassage, carrières de Quenast, par Hennuyères (Hainaut).

DE FOVILLE (Abbé), 74, rue de Vaugirard. — Paris.

DE GARCIA DE LA VEGA (Victor), docteur en droit, rue du Luxembourg. — Bruxelles.

DE GÉRANDO (L.), ingénieur de la marine, rue des Bastions. — Cherbourg (Manche — France).

DE GODIN (Bon), château d'Arvilles par Namêche (Namur).

DE GRAND RY (Albert), rue du Collège. — Verviers.

DE GRAND RY (Édouard). — Verviers.

DE GRAND RY (Raymond). — Verviers.

DE GROSSOUVRE (A.), ingénieur des mines. — Bourges (Cher — France).

DE GROUTARS (Chanoine Jacques), professeur à l'Université. — Louvain.

DE GRUNNE (Cte François), lieutenant d'artillerie, 67, rue Belliard. — Bruxelles.

DE GRYSE (Abbé), professeur de philosophie au Séminaire. — Roulers.

DE HAULLEVILLE (B^on), 149, rue de la Loi. — Bruxelles.

DE HEEN (Pierre), ingénieur, 53, rue des Joyeuses Entrées. — Louvain.

DE HULTS (Ernest), substitut du procureur du roi. — Mons.

DE JAER (Camille), avocat, 1, rue du Pepin. — Bruxelles.

DE JAER, (Émile), professeur à l'Université, rue de la Station. — Louvain.

DE JAER (Gustave), 36bis, quai Saint-Léonard. — Liège.

DE JAER (Jules), ingénieur des mines, Vieux-Marché aux Bêtes. — Mons.

DE JOIGNY (Bon G.), 29, rue de l'Industrie. — Bruxelles.

DE KERCHOVE (Raymond), 12, place de la Station. — Gand.

DE KERCKHOVE (Vte Eugène), membre de la Chambre des Représentants. — Malines.

DE KIRWAN (Charles), inspecteur des forêts. — Varzy (Nièvre—France).

DE LA BARRE BODENHAM (Ch.), Rotherwas, Hereford (Angleterre).

DE LA BOËSSIÈRE-THIENNES (Mis), 23, rue aux Laines. — Bruxelles; ou château de Lombise par Lens (Hainaut).

DE LAFONTAINE (B^on). — Waremme.

DE LAFONTAINE (Bon Marcel), ingénieur des arts et manufactures. — Waremme.

DE LAGARDE (Abbé), directeur du Collège Stanislas, 22, rue Notre-Dame-des-Champs. — Paris.

DE LAPPARENT (A.), vice-doyen de la faculté des sciences à l'Université catholique, 3, rue de Tilsitt. — Paris.

DE LA ROCHE (Alph.), directeur-gérant des mines et usines de Strépy-Bracquegnies (Hainaut).

DE LA ROCHE (Ch^er Camille), rue de Houdain. — Mons.

DE LA ROCHE (Abbé Ch.), curé de Saint-Lazare. — Tournay.

DE LA ROCHE DE MARCHIENNES (Émile). — Harvengt par Harmignies (Hainaut).

DE LA VALLÉE POUSSIN (Charles), professeur à l'Université, 190, rue de Namur. — Louvain.

DELEBECQUE-VERGAUWEN, 10, rue aux Draps. — Gand.

DE LE COURT (Auguste), ingénieur des ponts et chaussées, 26, rue Belliard. — Bruxelles.

DE L'ESCAILLE (Joseph), ingénieur, rue de la Station. — Louvain.

DE LEYN (Abbé A.), principal du Collège Saint-Louis. — Bruges.

DELGEUR (Dr Louis), 72, longue rue Neuve. — Anvers.

DELIMOY (Charles), ingénieur. — Bouge par Namur.

DE LIEDEKERKE (Cte Charles), 24, rue de l'Industrie. — Bruxelles.

DE LIEDEKERKE (Cte Émile), 59, avenue de la Toison d'Or. — Bruxelles.

DE LIEDEKERKE (Cte Émile), 23, rue de la Loi. — Bruxelles.

DE LIEDEKERKE DE PAILHE (Cte Édouard), 47, rue des Arts. — Bruxelles.

DE LIMBURG-STYRUM (Cte Samuel), 24a, rue du Trône. — Bruxelles.

DE LIMBURG-STYRUM (Cte Thierry), rue Hautport. — Gand.

DE LIMMINGHE (Cte), château de Gesves, par Assesse (Namur).

DE LINANGE (Cte), 25, rue de Loxum. — Bruxelles.

DE LISLEFERME (Henry), ingénieur de la marine en retraite. — Taillebourg (Charente-Inférieure — France).

DE LOCHT (Léon), ingénieur, répétiteur à l'Université, Mont-Saint-Martin. — Liège.

DE LORGE (Abbé J.), professeur au Séminaire. — Roulers.

DELSAULX, S. J. (R. P.), docteur en sciences physiques et mathématiques, 11, rue des Récollets. — Louvain.

DELVA-ROLIN (Dorsan), 10, place du Casino. — Gand.

DELVIGNE (Chan. Adolphe), curé de Notre-Dame au Sablon, rue Bodenbroeck. — Bruxelles.

DE MARBAIX, professeur à l'Université de Louvain. — Eynthout par Westerloo (Anvers).

DE MARSILLY (Général). — Auxerre (Yonne — France).

DE MAUPEOU (Cte Louis), ingénieur de la marine, 32, rue Montebello. — Cherbourg (Manche — France).

DE MEESTER (Augustin), propriétaire. — Saint-Nicolas.

DE MEESTER (Hippolyte), 71, rue du Bruul. — Malines.

De Meester (Joseph), 2, place d'Egmont. — Malines.

de Meeus (Cte Eugène), 26, rue de la Science. — Bruxelles.

de Meeus (Cte Henri), ingénieur, 72, rue du Vertbois. — Liège.

de Menten de Horne (Cher Albert), rue de Londres. — Bruxelles.

de Monge (Francis), professeur à l'Université, rue des Récollets. — Louvain.

de Monge (Léon), professeur à l'Université, rue aux Joncs. — Louvain.

de Montpellier (Jules), conseiller provincial, château d'Annevoye (Namur).

de Moreau d'Andoy (Cher), membre de la Chambre des Représentants. — Andoy par Jambes (Namur).

de Nadaillac (Mis), 12, rue d'Anjou. — Paris.

de Namur d'Elzée (Cte), sénateur. — Dhuy par Eghezée (Namur).

de Nédonchel (Cte Léon), 86, rue de la Loi. — Bruxelles.

de Ponthière (Albert), propriétaire-agriculteur. — Glons (Liège).

de Posch (Major), sous-intendant militaire de 1re classe, 16, chaussée d'Uccle. — Bruxelles.

De Presseux, instituteur. — Jupille (Liège).

De Preter (Herman), ingénieur, directeur-gérant de la Société belge des gaz réunis, 34, rue de Ligne. — Bruxelles.

Deprez (Max), juge au tribunal de 1re instance, 5, rue des Dominicains. — Mons.

De Prins, place du Peuple. — Louvain.

de Puymaigre (Cte), 17, rue de l'Université. — Paris.

de Radiguez (F.), inspecteur provincial de la voirie vicinale. — Namur.

de Radiguez (Mis), 87, rue d'Arlon. — Bruxelles.

de Régnon, S. J. (R. P.), 18, rue Lhomond. — Paris.

de Ribaucourt (Cte Adolphe), sénateur, 33, rue Ducale. — Bruxelles.

De Ridder (Chanoine), 10, quai Saint-Antoine. — Gand.

De Ridder (Paul), 68, chaussée de Haecht. — Bruxelles.

de Robiano (Cte). — Binche.

de Robiano (Cte Alphonse), 31, rue Belliard. — Bruxelles.

de Rodes (Mis), 85, rue du Commerce. — Bruxelles.

DE ROUILLÉ (Cte), 44, avenue des Arts. — Bruxelles.

DE ROYE DE WICHEN, château de Meerhout, par Gheel (Anvers).

DE SANTA CRUZ (Ivan Armada Hernandez de Cordova, M^es^), 9, rue Nueva. — Santiago (Galice — Espagne).

DE SAINT-VENANT (A. Barré), membre de l'Institut. — Saint-Ouen, près Vendôme (Loir-et-Cher — France).

DE SALVERT (Vte), professeur à l'Université, 14, rue de Valmy. — Lille (Nord — France).

DESCAMPS (Abbé A. J.), inspecteur des Écoles du canton de Mons, curé de Nimy (Hainaut).

DESCAMPS (É.), professeur à l'Université. — Louvain.

DE SCHOUTHEETE DE TERVARENT (Ch^er^), vice-président du Conseil provincial de la Flandre orientale. — Saint-Nicolas.

D'ESCLAIBES, S. J. (R. P.), 18, rue Lhomond. — Paris.

DE SELLIERS DE MORANVILLE (Ch^er^ Léonard), ingénieur, 24, rue du Moulin. — St-Josse-ten-Noode.

DE SELLIERS DE MORANVILLE (Ch^er^ A.), lieutenant d'artillerie, 68, rue du Méridien. — Bruxelles.

DE SOIGNIE (E.), ingénieur, 281, rue Rogier. — Bruxelles.

DE SOLDENHOFF (Richard), ingénieur, rue Werinckx. — Louvain.

DE SOUZA GONZALVÈS (José), ingénieur civil, rua de Jungueira, 79. — Belem-Lisbonne (Portugal).

DESPLATS (Docteur), professeur à l'Université catholique, 127, rue Beauharnais. — Lille (Nord — France).

DESSAIN (Charles), libraire-éditeur, rue de la Blanchisserie. — Malines.

DETIERRE (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

DE TILLY (J.), major d'artillerie, sous-directeur de l'Arsenal de construction, de l'Académie royale de Belgique. — Anvers.

DE TRANNOY (Bon Paul), rue de l'Arbre-bénit. — Ixelles.

DE TRAZEGNIES (Mis). — Corroy-le-Château, par Gembloux.

DE T'SERCLAES (Cte), gouverneur de la Flandre orientale. — Gand.

DE T'SERCLAES (Cte Jacques), lieutenant au 1er rég. d'artillerie, hôtel du Gouvernement. — Gand.

DE VILLE (Émile), 51, rue de Birmingham. — Bruxelles.

DE VILLEGAS DE SAINT-PIERRE (Cte), 28, rue Marie de Bourgogne. — Bruxelles.

DE VILLEGAS DE SAINT-PIERRE (Cte Ulric). — Ganshoren par Jette (Brabant).

DE VILLERS-VERGAUWEN, 12, marché au Lin. — Gand.

DEVIVIER (A.), professeur à l'Université, rue de Namur. — Louvain.

DEVOLDER (Joseph), avocat, 141, rue de Stassart. — Bruxelles.

DE VORGES (E. Domet), ministre plénipotentiaire de France. — Lima (Pérou).

DEWALQUE (A.), professeur à l'Institut polytechnique, 24, boulevard de Jodoigne. — Louvain.

DEWALQUE (Félix), ingénieur, directeur de l'Établissement de la Vieille-Montagne. — Bray-et-Lû (Seine-et-Oise — France).

DEWALQUE (François), professeur à l'Université, 26, rue des Joyeuses Entrées. — Louvain.

DE WARGNY, rue du Bruul. — Malines.

DE WAVRIN (Mis), 49, boulevard du Régent. — Bruxelles.

DE WITTE (Bon Henri), 12, rue d'Arenberg. — Anvers.

DE WOELMONT (Bon Arnold), 25, rue de Marnix. — Bruxelles.

DE WOUTERS (Chanoine). — Braine-le-Comte.

DE WOUTERS D'OPLINTER (Chcr), 50, rue des Drapiers. — Bruxelles; ou Vertryck (Brabant).

DE WOUTERS (Chcr Lambert). — Rotselaer par Wespelaer (Brabant).

D'HEMRICOURT DE GRUNNE (Cte), 10, rue Montoyer. — Bruxelles; ou château d'Hamal par Tongres.

DOCQ (Abbé), curé de Ham-sur-Sambre par Moustier (Namur).

DOHET (Ferdinand), avocat, rue du Chenil. — Namur.

DOMEC (Dominique), docteur en médecine, professeur d'anatomie à l'Université catholique, 54, boulevard de la Liberté. — Lille (Nord — France).

DOSFEL, docteur en médecine, 31, rue des Chevaliers. — Termonde.

DUBOIS (Augustin), banquier, 6, rue Saint-Jacques. — Liège.

DUBOST (Édouard), avocat, 24, rue du Béguinage. — Bruxelles.

DU BOYS (Paul), ingénieur des ponts et chaussées. — Valence-sur-Rhône (Drôme — France).

DU CHASTEL (Cte Henri), 55, rue de Trèves. — Bruxelles.

DUFOUR (Henri), 172, chaussée de Haecht. — Bruxelles.

DUGNIOLLE (Max), professeur à l'Université, 57, Coupure. — Gand.

DUMONT (A.), docteur en médecine, 18, chaussée de Charleroy. — Bruxelles.

DUMONT (André), ingénieur, 27, rue Van Brée. — Anvers.

DUMONT (Émile), 24, place de Meir. — Anvers.

DURAND (Abbé E.-J.), professeur à l'Université catholique, 56, boulevard Saint-Germain. — Paris.

D'URSEL (Duc), 28, rue marché aux Bois. — Bruxelles.

D'URSEL (Cte Aymard), lieutenant d'artillerie, 22, rue du Luxembourg. — Bruxelles.

D'URSEL (Cte Charles), secrétaire de légation, 22, rue du Luxembourg. — Bruxelles.

D'URSEL (Cte Ludovic), sénateur, 22, rue du Luxembourg. — Bruxelles.

DURY (Charles), avocat, rue Neuve. — Namur.

DUSAUSOY (Clément), professeur à l'Athénée royal, 57, rue Flamande. — Bruges.

DU VAL DE BEAULIEU (Cte), 55, avenue des Arts. — Bruxelles.

DU VAL DE BEAULIEU (Cte Edgar), 53, boulevard de Waterloo. — Bruxelles.

ÉCOLE LIBRE SAINTE-GENEVIÈVE, rue Lhomond. — Paris.

ÉCOLE LIBRE DE L'IMMACULÉE-CONCEPTION. — Vaugirard, Paris.

ERREMBAULT DU MAISNIL (Joseph), rue Perdue. — Tournay ; ou château de Brasmenil près Péruwelz.

EUSTACHE (Docteur), professeur à l'Université catholique, 1, rue de la Préfecture. — Lille (Nord — France).

ÉVERARTS (Joseph), docteur en droit, château de Bierbais sous Hévillers, par Mont-Saint-Guibert (Brabant).

FABRI (Edmond), ingénieur. — Turnhout.

FABRY (Henri), ingénieur, 32, rue du Champ-de-Mars. — Bruxelles.

FALLON (Bon), château de La Plante près Namur.

Famenne (Abbé), curé-doyen de Gembloux.

Fassotte (Abbé), 101, rue Klapdorp. — Anvers.

Faucon (A.), docteur en médecine. — Le Rœulx.

Faucon (A.), docteur en médecine, professeur à l'Université, 62, rue de l'Hôpital militaire. — Lille (Nord — France).

Félicien (Monsieur), supérieur-général des Joséphites. — Grammont.

Feliù y Perez (Bartolomé), 10, calle de la Merced. — Toledo (Espagne).

Fernandez Sanchez (José), catedrático de Historia universal, en la Universidad. — Santiago (Galice — Espagne).

Féron-De Decker (Ch.), avocat, 28, rue des Petits-Carmes. — Bruxelles.

Ferrand de Missol (Amédée), 115, rue de Rennes. — Paris.

Fettweis (Abbé), 19, rue Limbourg. — Verviers.

Feyens (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

Fita y Colomé S. J., (R. P. Fidel), 56, 2°, calle de San Vicente alta. — Madrid (Espagne).

Flahaut (Charles), docteur ès sciences naturelles, 7, rue de Bréa. — Paris.

Florence (Abbé Alois), professeur à l'Université catholique, 58, rue Royale. — Lille (Nord — France).

Focillon (Ad.), directeur de l'École municipale Colbert, 27, rue de Château-Landon. — Paris.

Foerster (Dr), professeur d'histoire naturelle. — Aix-la-Chapelle.

Fonssagrives, docteur en médecine, professeur à la Faculté de médecine. — Montpellier (Hérault — France).

Francotte (Xavier), 15, quai de l'Industrie. — Liège.

Garreau, docteur en médecine, chirurgien en chef de l'hôpital de Laval (Mayenne — France).

Gasthuys (Achille), ingénieur, sous-inspecteur voyer des faubourgs de Bruxelles, 59, rue du Prince-Royal. — Bruxelles.

Gautier (Chanoine), 79, rue Notre-Dame. — Malines.

Geelhand (Émile), longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

Geerts (Joseph), ingénieur civil, chef de service au chemin de fer du Pays de Waes. — Saint-Nicolas.

Gérard (Maurice), ingénieur au charbonnage du Poirier. — Montigny-sur-Sambre par Couillet (Hainaut).

Gilbert (Alfred), docteur en médecine. — Givet (Ardennes — France).

Gilbert (Jules), industriel. — Givet (Ardennes — France).

Gilbert (Ph.), professeur à l'Université, de l'Académie pontificale des Nuovi Lincei, 20, rue Notre-Dame. — Louvain.

Gilliot (Charles), rue de Vénus. — Anvers.

Gillis (Frank), 43, boulevard Botanique. — Bruxelles.

Gisler (E.), 78, rue de la Loi. — Bruxelles.

Goethals-Malfait (Cte), 8, rue des Foulons. — Gand.

Goethals (Ernest), rue Neuve-Saint-Pierre. — Gand.

Goethals (Jules), docteur en droit, 95, rue d'Arlon. — Bruxelles.

Goix (Alph.), 20, rue d'Aubervilliers. — Paris.

Gonthyn (Lucien), architecte, 36, rue du Nord. — Bruxelles.

Grand'Eury (Cyrille), ingénieur, rue de Paris. — Saint-Étienne (Loire — France).

Grandmont (Alphonse), avocat. — Visé.

Granero S. J., (R. P. Jean), St. Beuno's College. — Saint-Asaph (North Wales — Angleterre).

Gravez (Adrien), président du Comité houiller du Centre. — La Louvière (Hainaut).

Guisasola y Menendez (Victoriano), secrétaire de l'évêché. — Ciudad Real (Espagne).

Haal (Abbé Bernard), curé-doyen de Saint-Michel. — Luxembourg (Grand-Duché).

Haan, docteur en médecine, professeur à l'Université, 133, rue de Tirlemont. — Louvain.

Hahn, S. J. (R. P.), 11, rue des Récollets. — Louvain.

Hairion, docteur en médecine, professeur à l'Université, vice-président de l'Académie royale de médecine, 9, boulevard de Tirlemont. — Louvain.

Halleux (Émile), rue du Vieux-Bourg. — Bruges.

Hamard (Abbé), prêtre de l'Oratoire de Rennes (Ille-et-Vilaine — France).

Hamoir, docteur en médecine, rue Saint-Aubin. — Namur.

Hanquet (Ferdinand), 16, rue du Laveu. — Liège.

Hanssens, née Gilliodts, 19, rue du Maronnier. — Bruges.

Harmignie (Alphonse), avocat, juge suppléant au tribunal de première instance, rue du Mont-Escouvet. — Mons.

Haton de la Goupillière, ingénieur des mines, examinateur d'admission à l'École polytechnique, 8, rue Garancière.—Paris.

Haynald (S. E. le cardinal), archevêque de Kalocsa et Bàcs (Hongrie).

Hayoit, docteur en médecine, professeur à l'Université, 66, rue de Namur. — Louvain.

Henry (Abbé), vicaire de Saint-Nicolas. — Namur.

Henry (Edmond), ingénieur de la Société anonyme des verreries de Marchienne-au-Pont (Hainaut).

Henry (Hector). — Dinant.

Henry (Louis), professeur à l'Université, de l'Académie royale de Belgique, 2, rue du Manège. — Louvain.

Henry (Chanoine Louis), docteur en droit canon, professeur au grand Séminaire. — Namur.

Hermite (Charles), membre de l'Institut, 2, rue de Sorbonne. — Paris.

Hermite (H.), professeur à l'Université, 17, rue Volney. — Angers (Maine-et-Loire — France).

Hervier (Abbé Joseph), 31, grande rue de la Bourse. — Saint-Étienne (Loire — France).

Heude, S. J. (R. P.) — Zi-ka-wey (Chine).

Houtart (Jules). — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Hubert, docteur en médecine, 5, rue de Bertaimont. — Mons.

Hubert (Ernest), ingénieur. — Marche-les-Dames, par Namèche (Namur).

Hubert (Eugène), docteur en médecine, professeur à l'Université, 15, rue Léopold. — Louvain.

Ide (Justin), docteur en médecine, 25, longue rue de Tournay. — Anvers.

Imperiali (Mlle) des pces de Francavilla, 10, rue Montoyer. — Bruxelles; ou château d'Hamal par Tongres.

INSTITUT SAINT-IGNACE. — Anvers.

ISAAC (Ferdinand), ingénieur. — Quaregnon (Hainaut).

JACMART, général-major, commandant de l'École de tir de l'artillerie. — Brasschaet (Anvers).

JACOBS (Victor), avocat, membre de la Chambre des Représentants, 49, chaussée de Charleroy. — Bruxelles.

JACOPS (Chanoine J.), professeur à l'Université, président du Collège du Pape. — Louvain.

JAMOTTE (Abbé), curé de Saint-Christophe. — Liège.

JANNET (Claudio), professeur à l'Université catholique, 74, rue de Vaugirard. — Paris.

JANSSENS, docteur en médecine. — Puers (Anvers).

JANSSENS DE BISTHOVEN, 64, rue d'Ypres. — Gand.

JANSSENS-SMITS (Louis), sénateur. — Saint-Nicolas.

JAUMAIN (Alphonse), ingénieur à la Société anonyme de la Providence. — Marchienne-au-Pont (Hainaut).

JEANMART (Arthur), avocat, 19, rue des Fossés. — Namur.

JEANNEL (Docteur), professeur à l'Université catholique, 19, rue d'Antin. — Lille (Nord — France).

JENNER (Ch. I.), ingénieur des ponts et chaussées, rue de la Duchée. — Cherbourg (Manche — France).

JOIRE (Docteur), professeur à la faculté de médecine, 67, rue Royale. — Lille (Nord — France).

JOLY (Léon), avocat, rue de la Concorde. — Bruxelles.

JOPART (Georges), ingénieur. — Ham-sur-Heure (Hainaut).

JOUBERT, S. J. (R. P.), doyen de la faculté des sciences à l'Université catholique, 18, rue Lhomond. — Paris.

JOURDAIN (Louis), ingénieur, 9, rue de Ligne. — Bruxelles.

KEMPENEER (J.-B.), avocat-avoué. — Malines.

KERVILER (René), ingénieur des ponts et chaussées. — Saint-Nazaire (Loire-Inférieure — France).

KLOTH (Joseph), rédacteur en chef de la *Famille*, 68, rue Hors Château. — Liège.

KLÜTGEN (J.-H.), Lombardstraat. — Rotterdam.

Knops (Abbé), directeur de l'École communale. — Saint-Trond.

Koch (Julien), 77, boulevard Léopold. — Anvers.

Krafft (Victor), ingénieur des ponts et chaussées, 111, boulevard de la Reine. — Versailles (Seine-et-Oise — France).

Kums (Antoine), docteur en médecine, 20, rue des Aveugles. — Anvers.

Kurth (Godefroid), professeur à l'Université, 62, rue Lairesse. — Liège.

Lacompte (Camille), docteur en médecine. — Tamise.

Lafont, S. J. (R. P.), directeur de l'Observatoire héliospectroscopique, 10, Parkstreet. — Calcutta.

Lagasse (Alexandre), pharmacien, professeur de physique et de chimie à l'École normale de l'État. — Nivelles.

Lagasse (Charles), ingénieur des ponts et chaussées, 25, rue de Hollande. — Bruxelles.

Lahousse (Abbé), professeur au grand Séminaire. — Bruges.

Lairein (Abbé), curé d'Estinnes-au-Mont, par Binche.

Lamarche (Émile), 81, rue Louvrex. — Liège.

Lambert (Camille), ingénieur, rue longue de la Monnaie. — Gand.

Lambert (Guillaume), professeur à l'Université de Louvain, 50, boulevard de l'Observatoire. — Bruxelles.

Lamy (Chanoine), président du collège Marie-Thérèse. — Louvain.

Larondelle, docteur en médecine, de l'Académie royale de médecine, rue du Brou. — Verviers.

Latteur (Auguste), propriétaire. — Mons.

Latteur (Émile), droguiste, rue de la Biche. — Mons.

Lavaud de Lestrade, prêtre de Saint-Sulpice, professeur de sciences au Séminaire. — Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme — France).

Lavaux (Eugène), propriétaire. — Saint-Léger près Arlon.

Lebesconte (P.), pharmacien, 15, Bas des Lices. — Rennes (Ille-et-Vilaine — France).

Lebon, docteur en médecine, place Saint-Paul. — Nivelles.

Lecomte (Abbé A.), docteur en sciences. — Bonvouloir-en-Havré (Hainaut).

Ledresseur (Charles), docteur en médecine, professeur à l'Université, 75, voer des Capucins. — Louvain.

Lefebvre, docteur en médecine, professeur à l'Université, membre de l'Académie royale de médecine, 36, rue de Bériot. — Louvain.

Lefebvre (Abbé Ferdinand), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

Lefebvre (Paul), avocat, 7, rue Zinner. — Bruxelles.

Legrand-Benoit, 31, rue de Bruxelles. — Namur.

Le Grelle (Charles), substitut du procureur du Roi. — Charleroy.

Le Grelle (Cte Ferdinand), 21, rue Van Brée. — Anvers.

Leirens-Éliaert, sénateur, rue du Pont. — Alost.

Lejeune-Simonis, château de Sohan par Pepinster (Liège).

Lejeune (Léon), avocat, 95, rue de la Poste. — Bruxelles.

Lejeune (Abbé Victor), professeur au Séminaire. — Saint-Trond.

Le Paige (C.), chargé de cours à l'Université de Liège, rue Coronmeuse. — Herstal (Liège).

Le Play, 6, place Saint-Sulpice. — Paris.

Leschevin (Alexandre), avocat, rue Saint-Martin. — Tournay.

Lesuisse, vice-président du tribunal de 1re instance. — Dinant.

Le Tellier (Maurice), docteur en droit, 65, rue d'Angleterre. — Bruxelles.

Libbrecht, poudrerie royale. — Wetteren (Flandre orientale).

Liebaert (Julien), membre de la députation permanente de la Flandre Occidentale, place du Palais de Justice. — Courtrai.

Limpens (Émile), avocat, place Impériale. — Alost.

Lonneux (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

Louwers (Joseph), docteur en médecine, rue de l'Harmonie. — Verviers.

Lynch (Rev. Patrick), St Bede's College, Alexandra Park. — Manchester (Angleterre).

Maas, S. J. (R. P.), professeur de physique au collège de Mariendaal, près Grave (Brabant septentrional — Pays-Bas).

Mabille (Léon), professeur à l'Université. — Louvain.

Maertens (Chanoine), professeur au petit Séminaire. — Saint-Nicolas.

Maillard (Abbé). — Thorigné-en-Charnie, par Chéméré-le-Roi (Mayenne — France).

Malcorps, docteur en médecine, de l'Académie royale de médecine, rue des Vaches. — Louvain.

Malisoux (Émile), ingénieur des mines. — Charleroy.

Mansion (Paul), professeur à l'Université, 6, quai des Dominicains. — Gand.

Marionex (Abbé), curé de Saint-Nicolas. — Namur.

Martens (Édouard), professeur à l'Université, 27, rue Marie-Thérèse. — Louvain.

Martinez y Saez (Francisco de Paula), professeur de zoologie au Musée d'histoire naturelle, 1, 4° izq^a, calle Vergara.— Madrid (Espagne).

Masoin (E.), professeur à l'Université, membre de l'Académie royale de médecine, 15, place Sainte-Anne. — Louvain.

Massalski (U.), professeur à l'Université. — Louvain.

Matagne (Jules), docteur en médecine, 177, rue de Terre-Neuve. — Bruxelles.

Mayer (Henri), avocat, 31, rue Saint-Jacques. — Tournay.

Meeus (Eugène), membre de la Chambre des Représentants, 42, rue Houblonnière. — Anvers.

Meeus (Jean), industriel, 30, rempart des Tailleurs de pierre. — Anvers.

Meeus-Honnorez (L.), distillateur. — Wyneghem par Anvers.

Meeus-Van Reeth (L.), 11, longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

Meeus (Théophile), 32, longue rue de la Boutique. — Anvers.

Méhu (Adolphe), pharmacien de 1re classe. — Villefranche (Rhône — France).

Meignan (Mgr), évêque de Châlons. — Châlons-sur-Marne (Marne — France).

Mémoire (Frère), directeur du Pensionnat Saint-Berthuin. — Malonne, par Floreffe (Namur).

Ménétrier (Ambroise), professeur à l'École des mines du Hainaut, rue des Sars. — Mons.

Ménétrier (Charles), avocat. — Charleroy.

Ménétrier (Aug.), ingénieur au charbonnage des Français. — Anderlues, par Fontaine-l'Évêque.

Ménétrier (Louis), capitaine d'artillerie en retraite. — Merbes-le-Château (Hainaut).

Mercier (Abbé Adolphe), directeur de l'École normale de Bonne-Espérance, par Binche.

Mertens (Guil.), industriel. — Over-Boulaere près Grammont.

Mertens (Guil.), ingénieur, directeur de l'usine à gaz, 73, rue de Tourcoing. — Roubaix (Nord — France).

Merveille (Léopold), 8, rue Saint-Jacques. — Liège.

Meyers (Chanoine), curé de Saint-Jean, 40, cloître Saint-Jean. — Liège.

Micha, professeur à l'Université, 8, place du Peuple. — Louvain.

Michez (Chanoine Fr.), curé-doyen de Sainte-Waudru. — Mons.

Michiels (Abbé), curé de Saint-Roch. — Bruxelles.

Michiels (Chanoine), professeur au Collège Saint-Rombaut. — Malines.

Miest (Émile), ingénieur aux usines de Bleyberg-Montzen (Liège).

Mils (Ferdinand), ingénieur. — Givet (Ardennes — France).

Miot (Léopold), docteur en médecine, de l'Académie royale de médecine, 15, rue de Beaumont. — Charleroy.

Misonne (Lucien), directeur-gérant des charbonnages du Hasard. — Tamines (Namur).

Moeller, docteur en médecine, 18, rue de Mons. — Nivelles.

Moigno (Abbé Fr.), 2, rue de Strasbourg. — Saint-Denis (Seine — France).

Molloy (Dr), 86, Stephen's Green. — Dublin.

Mommaerts (Abbé), aumônier de l'École militaire, 9, rue du Marteau. — Bruxelles.

Moncheur, membre de la Chambre des Représentants, 54, boulevard de Waterloo. — Bruxelles; ou Namêche (Namur).

Monsarrat (G.), 23, rue Boissy d'Anglas. — Paris.

Moretus (René), place de Meir. — Anvers.

Motte (Edouard), docteur en médecine. — Dinant.

Mousel (Victor), ingénieur, directeur de l'usine à gaz. — Soignies.

Mullenders (Joseph), ingénieur, 21, rue Duvivier. — Liège.

Nagels (Jules), conseiller provincial. — Hasselt.

Namêche (Mgr), recteur magnifique de l'Université, 27, rue des Récollets. — Louvain.

Neeffs, docteur en médecine, rue Notre-Dame. — Malines.

Neissen (A.), avocat, 86, boulevard de Waterloo. — Bruxelles.

Neusy (Abbé), professeur au Séminaire de Bonne-Espérance, par Binche.

Nève (Félix), professeur à l'Université, membre de l'Académie royale de Belgique, 52, rue des Orphelins. — Louvain.

Nève (Louis), ingénieur, directeur de l'usine à gaz. — Vilvorde.

Nève (Paul), ingénieur. — Melle-Quatrecht (Flandre orientale).

Newton (Général John), 279, Adelphi Street. — Brooklyn, New-York.

Noël (Abbé François), professeur de religion à l'École normale de l'État. — Mons.

Nuyts (Abbé), curé-doyen de Ste-Gudule. — Bruxelles.

Obet, docteur en médecine, ex-médecin de la marine. — Le Lude (Sarthe — France).

Oldenhove (Philippe), ingénieur, propriétaire à Florival-sur-Dyle, par Grez-Doiceau (Brabant).

O'Malley, S. J. (R. P.), St. Patrick's college. — Melbourne (Victoria — Australie).

Ommeganck (Clément), 25, rue aux Laines. — Anvers.

Oomen (A.), 18, rue St-Laurent. — Anvers.

Orban (Grégoire), rue de la Station. — Louvain.

Orban de Xivry (Jules), industriel. — Stavelot.

Osy de Wichem (Bon), longue rue de l'Hôpital. — Anvers.

Otte (Abbé), curé-doyen de Marche.

Otto (Jean), 36, Marché-aux-Herbes. — Bruxelles.

Paeile, bibliothécaire et archiviste de la ville, 25, rue d'Antin. — Lille (Nord — France).

Palgen (Charles), ingénieur civil. — Walferdange (Grand-Duché de Luxembourg).

Papillon (Docteur), professeur à l'Université catholique, 14, rue Beauharnais. — Lille (Nord — France),

Pardon (Gustave), ingénieur de la Société de Couillet, par Charleroy.

Patroni (Abbé Giuseppe), docteur en théologie, 47, piazza del Gesù. — Rome.

Pelligero (Gonzalo), avocat, rédacteur en chef de la *Voz de Cuba*. — La Havane (Cuba).

Peretti (Abbé), aumônier des prisons. — Calvi (Corse — France).

Perry, S. J. (R. P.), directeur de l'Observatoire de Stonyhurst, de la Société royale de Londres. — Stonyhurst near Blackburn (Angleterre).

Peyrot (Gérard), 33, rue Vieille Bourse. — Anvers.

Picard (Abbé), curé de Notre-Dame. — Namur.

Pichault (Stéphane), ingénieur, chef de section à la Société John Cockerill, 21, quai de l'Espérance. — Seraing.

Picquet (Jules), 7, rue de Lausanne. — Bruxelles.

Piet (Gustave), propriétaire, rue Chabot-Charny. — Dijon (Côte-d'Or — France).

Pirard (Abbé), inspecteur diocésain des Écoles primaires, 6, boulevard Léopold. — Namur.

Piret (Camille), ingénieur à Monceau-Fontaine. — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Piscé (Chanoine), rue des Bateaux. — Malines.

Planté (Gaston), licencié-ès-sciences, 56, rue des Tournelles. — Paris.

Polo (Manuel), doctor en Filosofia, y catedrático de Psicologia de Instituto de Teruel (Espagne).

Post (Abbé Nicolas), secrétaire de l'Évêché. — Luxembourg (Grand-Duché).

Poullet (Edmond), professeur à l'Université. — Louvain.

Proost (Alphonse), professeur à l'Université de Louvain, 5, place Royale. — Bruxelles.

Provincial (R. P.) de la Compagnie de Jésus, 131, rue Royale extérieure. — Bruxelles.

Puiseux (Victor), membre de l'Institut, 81, boulevard Saint-Michel. — Paris.

Quinet (Aimé), rue d'Havré. — Mons.

Quinet (Benoît), rue des Lombards. — Mons.

Quintero (Dr Gonzalo), catedrático de Fisica en la Universidad central, 30, plaza Mayor. — Madrid (Espagne).

Quirini (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

Quoidbach (Abbé), curé d'Ampsin, par Amay (Liège).

Rachon (Abbé Prosper), curé de Ham et Saint-Jean, par Longuyon (Meurthe-et-Moselle — France).

Raikem (Florent), avocat, Mont-Saint-Martin. — Liège.

Raingeard (A.), ingénieur, 52, rue du Billard. — Bruxelles.

Rathouis, S. J. (R. P.). — Zi-ka-wey (Chine).

Ravain (Abbé J.-R.), professeur à l'Université, 14, rue Bernier. — Angers (Maine-et-Loire — France).

Réchin (Abbé), professeur au Collège de Mamers (Sarthe — France).

Reghini (Can. Leonardo). — Asuncion (Paraguay).

Renard, S. J. (R. P.), Collège Saint-Michel, rue des Ursulines. — Bruxelles.

Reynaert, docteur en médecine, rue du Progrès. — Saint-Nicolas.

Reypens (Auguste), membre de la députation permanente. — Duffel (Anvers).

Richard (Abbé P.), vicaire général, hydrogéologue, Séminaire de Montlieu (Charente-Inférieure — France).

Roderburg (Fritz), docteur en sciences chimiques, 252, rue de Bruxelles. — Louvain.

Roguier (Abbé), curé-doyen de Saint-Eusèbe. — Auxerre (Yonne — France).

Rojas, S. J. (R. P.), professeur d'histoire naturelle, 27, calle de la Virgen de la Cerea. — Santiago (Galice — Espagne).

Rolin (Georges), agent de change, 48, rue du Nord. — Bruxelles.

Rolin (Jules), avocat, 82, rue Bosquet. — Bruxelles.

Rollier (Émile), ingénieur, 37, rue Léopold. — Malines.

Rommel (Abbé), professeur au Collège Saint-Louis. — Bruges.

Rouvez (Adolphe), vice-président du Cercle archéologique, rue d'Havré. — Mons.

Rupin, docteur en médecine, rue de Paris. — Vitré (Ille-et-Vilaine — France).

Sacré (Mgr), curé-doyen de Notre-Dame, 1, rue Saint-Pierre. — Anvers.

Saey (Henri), notaire. — Renaix.

SAEY (Joseph), 18, avenue de la porte de Hal. — Bruxelles.

SAEY (Abbé Pr.), directeur de l'Institut Saint-Joseph. — Saint-Nicolas.

SALTERAIN (Pedro), ingénieur des mines. — La Havane (Cuba).

SANZ Y LOPEZ (Cesareo), profesor de matemáticas, calle del Colegio de Doncellas. — Toledo (Espagne).

SCHEYVEN (Abbé), professeur à l'Institut Saint-Louis. — Bruxelles.

SCHMIDT (Henri), intendant de la maison de Croy. — Le Rœulx.

SCHMITT, professeur à l'Université catholique, 45, rue d'Antin. — Lille (Nord — France).

SCHMITZ (Boniface), docteur en médecine, 42, rue de la Paix. — Bruxelles.

SCHMITZ (Désiré), docteur en médecine, 10, rue du Chasseur. — Bruxelles.

SCHMITZ (H.), 58, rue Saint-Joseph. — Anvers.

SCHNEIDER, docteur en médecine, 137, rue du Midi. — Bruxelles.

SCHOBBENS, docteur en médecine, 49, longue rue Neuve. — Anvers.

SCHOEMAKER (W.-J.), professeur à l'École moyenne. — Nimègue (Pays-Bas).

SCHUL (Maurice), 255, boulevard du Commerce. — Anvers.

SÉNAC-LAGRANGE, docteur en médecine, 33, rue de Verneuil. — Paris.

SERRET (Paul), professeur à l'Université catholique, 240, rue de Vaugirard. — Paris.

SIMONIS (Alfred), membre de la Chambre des Représentants. — Verviers.

SIMONIS (Iwan), industriel. — Verviers.

SIMONIS (Louis), industriel. — Verviers.

SMEKENS (Théophile), président du tribunal de 1re instance, 31, avenue Quentin Metsys. — Anvers.

SNOY (Bon Maurice), 6, place de l'Industrie. — Bruxelles.

SNYERS, docteur en médecine, 10, rue de l'Évêché. — Liège.

SNYERS (Raymond), ingénieur, 15, rue Marie-Thérèse. — Bruxelles.

SOENENS (Henri), chez M. le docteur Soenens. — Courtrai.

SOHIER (Alexandre), maître de forges. — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Solano y Eulate (José Maria), professeur de géologie au Musée d'histoire naturelle, calle de Jacometrezo, 41-bajo. — Madrid (Espagne).

Solvyns (Albert), 7, avenue de la Place d'Armes. — Gand.

Soreil, ingénieur. — Maredret sous Sosoye, par Anthée (Namur).

Soudan (Charles), membre de la députation permanente de la Flandre-Occidentale. — Courtrai.

Soudant, ingénieur civil, 11, rue Saint-Jacques.—Lille (Nord — France).

Springael (Auguste), ingénieur, 13, rue de l'Arbalète. — Bruxelles.

Spruyt (Gustave), 7, rue de Vénus. — Anvers.

Stappaerts (Eugène), juge au tribunal de 1re instance. — Anvers.

Stasse, professeur au Collège de la Sainte-Trinité, rue Marie-Thérèse. — Louvain.

Stillemans (Chanoine A.), docteur en philosophie et lettres, supérieur du Séminaire. — Saint-Nicolas.

Stillemans (Abbé Louis), professeur à l'Institut Saint-Joseph. — Saint-Nicolas.

Stinglhamber (Émile), docteur en droit, 33, rue des Minimes. — Bruxelles.

Storms (Abbé Camille), curé de Ganshoren par Jette (Brabant).

Storms (John), 32, rue des Champs-Élysées. — Bruxelles.

Storms (Raymond), 13, rue du Président. — Bruxelles.

Stroom (Abbé), directeur du grand Séminaire. — Bruges.

Struelens (Alfred), professeur au Collège de la Sainte-Trinité. — Louvain.

Struyf (Abbé L.), 17, place du Vieux-Marché. — Louvain.

Swolfs (Abbé), professeur au petit Séminaire. — Malines.

Taymans (Émile), avocat, 11, rue du Pont-Neuf. — Bruxelles.

Tennstedt (Constant), propriétaire, 41, rue de la Vanne. — Bruxelles.

Terwangne (Victor), banquier, 13, place Verte. — Liège.

Theunis (Auguste), répétiteur à l'Université, 83, rue de Tirlemont. — Louvain.

Thibaut (L.), ingénieur, professeur à l'École industrielle. — Monceau-sur-Sambre, par Marchienne-au-Pont (Hainaut).

Thibaut (Victor), ingénieur. — Ciney.

Thibaut (Xavier). — Jambes.

Thibaut (Eugène), avocat, rue de la Cloche. — Namur.

Thiébauld (Charles), avocat, 60, rue Saint-François. — Bruxelles.

Thiébaut (Fernand), ingénieur. — Monceau-sur-Sambre (Hainaut).

Thiernesse (Abbé), directeur du pensionnat du Collège communal — Nivelles.

Thimus (Léon), ingénieur, 37, rue des Joyeuses Entrées. — Louvain.

Thirion, S. J. (R. P.), 21, rue des Ursulines. — Bruxelles.

Timmermans (François), ingénieur de la Société de Couillet, par Charleroy.

Tras, S. J. (R. P.), professeur au Collège de la Paix. — Namur.

Troch (Pierre), inspecteur provincial des écoles primaires. — Lierre.

t'Serstevens (George), 52, boulevard de l'Observatoire. — Bruxelles.

t'Serstevens (Léon), 52, boulevard de l'Observatoire. — Bruxelles.

t'Serstevens-Nicolay, propriétaire. — Stavelot.

Turquan, professeur à la faculté des sciences de l'Université catholique. — Angers (Maine-et-Loire — France).

Tykort (Émile), ingénieur civil. — Perck, par Vilvorde.

Vallez, docteur en médecine, 13, quai Notre-Dame. — Tournay.

van Berchem (Eugène). — Willebroeck (Anvers).

Van Biervliet (Louis), docteur en médecine, 19, place de la Monnaie. — Anvers.

Van Damme (Léon), juge de paix. — Wetteren (Flandre-Orientale).

Vanden Abeele (F.), docteur en médecine, de l'Académie royale de médecine, rue de l'Académie. — Bruges.

Vanden Berg (Charles), notaire, place Saint-Paul. — Liège.

Vanden Born (Abbé Henri), professeur à l'École normale. — Saint-Trond.

Vanden Bossche (Paul), 11, rue des Juifs. — Anvers.

Vanden Broeck (Edgar), château de Jolimont, Haine-Saint-Pierre (Hainaut).

Vanden Peereboom (E.), ingénieur au charbonnage des Artistes. — Flémalle-Grande (Liège).

VANDEN PEEREBOOM (Jules), avocat. — Courtrai.

VANDEN STEEN DE JEHAY (Cte Hermann), lieutenant au 3e régiment d'artillerie, à l'École de guerre. — Bruxelles.

VANDEN STEEN DE JEHAY (Cte Werner), 3, Alma Terrace, Kensington. — London W (Angleterre).

VAN DE PUTTE (Chanoine), curé-doyen de Saint-Martin. — Courtrai.

VANDER BRUGGEN (Bon Maurice), rue du Gouvernement. — Gand.

VANDERESSE (Chanoine), rue de l'Arsenal. — Namur.

VANDER HAEGHEN (William), avocat, 44, rue Berckmans. — Bruxelles.

VANDER LAAT (E.), ingénieur, 17, canal des Récollets. — Anvers.

VANDER LINDEN (Camille), 30, rue de la Vierge Noire. — Bruxelles.

VANDER SMISSEN (Gustave), place Impériale. — Alost.

VANDER STOCKEN (Anatole), 74, rue Belliard. — Bruxelles; ou château de Lillois, par Nivelles.

VANDER STRATEN-PONTHOZ (Cte François), 13, rue de la Loi. — Bruxelles.

VANDER STRATEN-PONTHOZ (Cte Ignace), général d'artillerie en retraite, 29, rue Joseph II. — Bruxelles.

VANDER VOORDT (Jules), ingénieur, 83, marché aux Chevaux. — Anvers.

VAN DE WOESTYNE (Abbé), professeur au grand Séminaire. — Bruges.

VAN DRÈCHE, docteur en médecine, rue de l'Ouvrage. — Namur.

VAN DROMME, docteur en médecine, rue des Chartreuses. — Bruges.

VAN GEETRUYEN (Edmond), 4, impasse du Parc. — Bruxelles.

VAN GOIDSNOVEN, docteur en médecine, 35, rue de la Casquette. — Liège.

VAN GOIDSNOVEN (Léopold), 99, rue Belliard. — Bruxelles.

VAN GULICK, S. J. (R. P.), 2237, rue de Tongres. — Maastricht (Pays-Bas).

VAN HEES (Abbé), curé de Heers, par Looz (Limbourg).

VAN HEESWYCK (Abbé), aumônier de l'École normale de l'État. — Liège.

VAN KEMPEN, docteur en médecine, professeur à l'Université, membre de l'Académie royale de médecine, 182, rue de Bruxelles. — Louvain.

VAN MELE (Raymond), propriétaire. — Lokeren.

VANNUTELLI (S. E. Mgr S.), nonce apostolique. — Bruxelles.

VAN REETH (Alphonse), ingénieur, 38, avenue des Arts. — Anvers.

VAN SCHENDEL (Théodore), ingénieur de la Société John Cockerill. — Seraing.

VAN SEGVELT (Edmond), 11, rue du Serment. — Malines.

VAN SOON (Abbé), coadjuteur. — Erps-Querbs, par Cortenberg.

VAN TRICHT, S. J. (R. P.), Collège N.-D. de la Paix. — Namur.

VAN VYVE (Albert), docteur en médecine, médecin de bataillon au 9e régiment de ligne, 65, rue Saint-Séverin. — Liège.

VAN ZUYLEN-ORBAN (Gust.), industriel, 8, quai de l'Industrie. — Liège.

VENNEMAN, docteur en médecine, professeur à l'Université.— Louvain.

VERCRUYSSE (Victor), 61, rue de France. — Courtrai.

VERGAUWEN (Frans), 52, rue Savaen. — Gand.

VERGAUWEN (Jean), 1, rue d'Argent. — Gand.

VERHELST (Abbé), Collège du Saint-Esprit. — Louvain.

VERHOUSTRAETEN (R.), ingénieur, 14, rue Collard-Trouillet.— Seraing.

VERMEIRE-MAGIS (P.), industriel. — Saint-Nicolas.

VERRIEST (G.), docteur en médecine, professeur à l'Université. — Louvain.

VICAIRE (Eugène), ingénieur des mines, 76, rue d'Assas. — Paris.

VIEITES (Marcelino), catedrático supernumerario de Farmacia en la Universidad. — Santiago (Espagne).

VIENNE (Abbé Jules), curé-doyen de Ste-Élisabeth. — Mons,

VILAIN XIIII (Vte Stanislas), 11, rue du Trône. — Bruxelles.

VILLIÉ, professeur à l'Université catholique, 15, rue Charles de Muyssart. — Lille (Nord — France).

VINCART, docteur en médecine. — Huy.

VIÑES (R. P. Benito), director del Observatorio, Colegio de Belen. — La Havane.

WALRAVENS (Abbé Adelson), professeur au Séminaire de Bonne-Espérance, par Binche.

WARD (John), ingénieur civil, 73, boulevard de Waterloo.— Bruxelles.

WASSEIGE (Armand) fils, banquier, 2bis, rue Godefroid. — Namur.

WASSEIGE (François), rue Grandgagnage. — Namur.

WATTECAMPS, docteur en médecine, place St-Pierre. — Tournay.

Wérotte (François), ingénieur civil. — Coutisse, par Andenne.

Wéry (Vincent), président du tribunal de 1re instance, 4, rue des Telliers. — Mons.

Whetnall (Bon), banquier, 15, place Saint-Jacques. — Liège.

Willième (Ferdinand), docteur en médecine, membre de l'Académie royale de médecine, 29, rue du Mont Escouvet. — Mons.

Wintrebert (Louis), professeur à l'Université catholique, 88, rue du Blanc-Ballot. — Lille (Nord — France).

Wittmann (Jules), docteur en médecine. — Malines.

Witz (Aimé), professeur à l'Université catholique, 15, rue Royale. — Lille (Nord — France).

Wolf, astronome de l'Observatoire de Paris, 95, rue des Feuillantines. — Paris.

Ysebrant de Lendonck (Albéric), place Liévin Bauwens. — Gand.

Zaman (Félix), 58, rue de Trèves. — Bruxelles.

Zech (Guillaume), négociant. — Soignies.

Liste des membres décédés.

—

J.-Jos. Bianconi	Bologne.
L'Abbé Bourgeois	Pontlevoy.
Martin Capelle	Namur.
Le Capitaine de Neunheuser	Bruxelles.
L'Abbé De Ruelle	Bruxelles.
Le Mis de Vibraye	Paris.
Barthélemy Du Mortier	Tournay.
Le Duc d'Ursel	Bruxelles.
Le R. P. Edel, S. J.	Tché-li (Chine).
Émile Ghysens	Liège.
Anatole Lallemand	Louvain.
Mgr Lauwers	Malines.
Paul Marlin	Liège.
Emmanuel Neefs	Malines.
Jules van Havre	Anvers.
Le Chanoine Wies	Luxembourg.

Listes des membres inscrits dans les sections.

—

1re Section.

Mathématiques, Astronomie, Géodésie. — Mécanique. — Génie civil et militaire.

MM. Adan de Yarza.
Albear y Lara.
R. P. Alcolado, S. J.
Docteur F. Anchütz.

MM A. Barré de Saint-Venant.
Théodore Belpaire.
Gustave Bernaerts.
Pce Boncompagni.

MM. N. Breithof.
R. P. Carbonnelle, S. J.
Joseph Carnoy.
Casey.
Abbé Coppieters de Stockhove.
Émile Cousin.
L. Cousin.
Louis Criquillion.
Antoine d'Abbadie.
de Aranzeta.
de Bénazé, S. J.
Louis De Beys.
Constantin de Burlet.
L. de Bussy.
de Grossouvre.
Cte François de Grunne.
Cte Charles de Liedekerke.
de Lisleferme.
Léon de Locht.
R. P. Delsaulx, S. J.
de Marsilly.
Cte L. de Maupeou.
R. P. d'Esclaibes, S. J.
Cher A. de Selliers de Moranville.
Cher L. de Selliers de Moranville.
J. De Tilly.
Cte Jacques de T'Serclaes.
du Boys.
Cte Aymard d'Ursel.
Dusausoy.
Edmond Fabri.
Henri Fabry.
Ph. Gilbert.
Haton de la Goupillière.
Charles Hermite.
Général Jacmart.

MM. Jenner.
Jopart.
R. P. Joubert, S. J.
Edmond Henry.
Victor Krafft.
R. P. Lafont, S. J.
Charles Lagasse.
Camille Lambert.
C. Le Paige.
Paul Mansion.
Ambroise Ménétrier.
Micha.
Abbé Fr. Moigno.
Paul Nève.
Général John Newton.
R. P. Perry, S. J.
Jules Picquet.
Chanoine Piscé.
Victor Puiseux.
Abbé Quoidbach.
Raingeard.
Sanz y Lopez.
Paul Serret.
R. Snyers.
Soenens.
Fernand Thiébaut.
R. P. Thirion, R. J.
François Timmermans.
Turquan.
E. Vandenpeereboom.
Van Reeth.
Van Schendel.
Vicaire.
Villié.
John Ward.
Aimé Witz.

2me Section.

Physique. — Chimie. — Métallurgie. — Météorologie et Physique du Globe.

MM. Alfageme.
Arson.
Aschmann.
Barff.
A. Béchamp.
Charles Blas.
Alfred Blondel.
Bonamis.
Auguste Bonnevie.
Branly.
Alfred Brêmen.
Bruylants.
Casarez.
Chautard.
Cuisinier.
Émile Dallemagne.
Jules Dallemagne.
Cte Ch. d'Aspremont-Lynden.
Camille Dautricourt.
Émile Debouche.
L. de Gérando.
Pierre De Heen.
Bon Marcel de Lafontaine.
De le Court.
Abbé J. Delorge.
Herman De Preter.
R. P. de Régnon, S. J.
De Soignie.
de Souza Gonzalvès.
A. Devivier.
François Dewalque.
André Dumont.

MM. Feliù y Perez.
Gasthuys.
Gérard.
R. P. Granero, S. J.
Gravez.
Hector Henry.
Louis Henry.
Jaumain.
René Kerviler.
Guillaume Lambert.
Abbé Victor Lejeune.
Libbrecht.
R. P. Maas, S. J.
Malisoux.
U. Massalski.
Guillaume Mertens (Roubaix).
Chanoine Michiels.
Émile Miest.
Ferdinand Mils.
Lucien Misonne
Mousel.
Joseph Mullenders.
Oldenhove.
R. P. O'Malley, S. J
Louis Nève.
Palgen.
Pichault.
Abbé Pirard.
G. Planté.
G. Quintero.
Abbé Quirini.
Rupin.

MM. Salterain.
Alexandre Sohier.
Springael.
Auguste Theunis.
R. P. Tras, S. J.
Tykort.

MM. Eugène van Berchem.
Jules Vander Voordt.
R. P. Van Tricht, S. J.
R. Verhoustraeten.
R. P. Viñes, S. J.
Wérotte.

3me Section.

Géologie, Minéralogie. — Botanique. — Zoologie. — Paléontologie. — Anthropologie, Ethnographie, Science du langage. — Géographie.

MM. Chanoine Abbeloos.
Fr. Alexis.
Almera.
Arcelin.
Baguet.
Joachim Barrande.
Émile Bayle.
Bernardin.
Abbé Bosmans.
Abbé Boulangé.
Abbé Boulay.
R. P. Bussotti, S. J.
Abbé Campelo.
Abbé Carnoy.
Abbé Choyer.
Abbé Coenraets.
Joseph Collin.
Chanoine Colson.
Paul Daron.
Dassonville.
Cte Alb. d'Auxy de Launois.
Abbé Davoust.
Bon de Bounam de Ryckholt.
Abbé De Brouwer.
Bon Albert de Fierlant.

MM. Abbé de Foville.
Abbé De Gryse.
Charles de Kirwan.
Mis de la Boëssière-Thiennes.
A. de Lapparent.
Charles de la Vallée Poussin.
Docteur Louis Delgeur.
Chanoine Adolphe Delvigne.
Mis de Nadaillac.
Max Deprez.
Abbé Descamps.
Abbé Detierre.
de Ville.
Mis de Wavrin.
Bon de Witte.
Cte d'Hemricourt de Grunne.
Max Dugniolle
Abbé E. G. Durand.
Flahaut.
Docteur Foerster.
Grand'Eury.
Abbé Bernard Haal.
Abbé Hamard.
H. Hermite.
Abbé Joseph Hervier.

MM. R. P. Heude, S. J.
Abbé Knops.
Godefroid Kürth.
Abbé Lairein.
Abbé A. Lecomte.
Abbé Ferdinand Lefebvre.
Abbé Lonneux.
Abbé Maillard.
Édouard Martens.
Fr. Martinez y Saez.
Adolphe Méhu.
Docteur Molloy.
Abbé Neusy.
Abbé Noël.
Oomen.
Abbé Nicolas Post.
Abbé Rachon.

MM. R. P. Rathouis, S. J.
Can. Leonardo Reghini.
R. P. Renard, S. J.
Abbé P. Richard.
R. P. Rojas, S. J.
Rouvez.
Abbé Scheyven.
Solano.
Albert Solvyns.
Alfred Struelens.
Abbé Swolfs.
Abbé Vanden Born.
Chanoine Vande Putte.
Van Drèche.
Van Segvelt
Abbé Verhelst.
Abbé Vienne.

4me Section.

Anatomie, Physiologie. — Hygiène. — Pathologie, Thérapeutique, etc.

MM. Augier.
Aurineta.
Joseph Béchamp.
D. Bertrand.
Bouchaud.
Abel Bourdeau.
Bourgeois.
Brasseur.
Bribosia.
César.
Cousot.
Cuylits.
Debaisieux.
De Cock.
Desplats.

MM. Domec.
Dosfel.
A. Dumont.
Eustache.
A. Faucon (Le Rœulx).
A. Faucon (Lille).
Fonssagrives.
Xavier Francotte.
Garreau.
Alfred Gilbert.
Goix.
Haan.
R. P. Hahn, S. J.
Hairion.
Hamoir.

MM. Hayoit.
Eugène Hubert.
Hubert (Mons).
Justin Ide.
Janssens.
Jeannel.
Joire.
Antoine Kums.
Alexandre Lagasse.
Larondelle.
P. Lebesconte.
Lebon.
Charles Ledresseur.
Lefebvre.
Joseph Louwers.
Malcorps.
E. Masoin.
Jules Matagne.
Léopold Merveille.
Léopold Miot.
Mœller.
Édouard Motte.
Neeffs.
Obet.

MM. Papillon.
Alphonse Proost.
Reynaert.
Schmitt.
Boniface Schmitz.
Désiré Schmitz.
Schneider.
Schobbens.
Sénac.
Snyers.
Vallez.
Louis Van Biervliet.
F. Vanden Abeele.
Van Goidsnoven.
Van Kempen.
Van Vyve.
Venneman.
Verriest.
Vieites.
Vincart.
Wattecamps.
Ferdinand Willième.
Wintrebert.
Wittmann.

3me Section.

Agronomie. — Économie sociale, Statistique. — Sciences commerciales. Économie industrielle.

MM. Charles Bareel.
Auguste Beckers.
Adolphe Berleur.
Victor Bonnevie.
Abbé Th. Bouquillon.
Brants.
Armand Brifaut.

MM. Jules Cartuyvels.
Charles Claes.
Colmant.
Herman De Baets.
de Borchgrave.
Tony De Bruyn.
François de Cannart d'Hamale.

MM. Pce Eugène de Caraman-Chimay.
Pce Emmanuel de Croy.
Pce Gustave de Croy.
Pce Juste de Croy.
Bon de Haulleville.
Ernest De Hults.
Vte Eugène de Kerckhove.
Bon de Lafontaine.
Cte Édouard de Liedekerke.
De Marbaix.
Francis de Monge.
Léon de Monge.
Jules de Montpellier.
Cher de Moreau d'Andoy.
Cte Léon de Nédonchel.
de Posch.
A. de Ponthière.
De Presseux.
F. de Radiguez.
É. Descamps.
Cte de Villegas de Saint-Pierre.
Ferdinand Dohet.
Dubost.
Cte Edgar du Val de Beaulieu.
Joseph Everarts.
Ch. Féron-De Decker.
Focillon.
Émile Geelhand.
Frank Gillis.
Gisler.
Grandmont.
Victor Jacobs.
Claudio Jannet.

MM. Arthur Jeanmart.
Paul Lefebvre.
Legrand-Benoit.
Cte Ferdinand Le Grelle.
Léon Lejeune.
Le Play.
Émile Limpens.
Henri Mayer.
Charles Ménétrier.
Jules Nagels.
Otto.
Pelligero.
Georges Rolin.
Jules Rolin.
Henri Saey.
Henri Schmidt.
Théophile Smekens.
Bon Maurice Snoy.
Émile Stinglhamber.
Abbé L. Struyf.
Charles Thiébauld.
Léon t'Serstevens.
Van Damme.
Chanoine Vanderesse.
Vander Laat.
Camille Vander Linden.
Vander Stocken.
Cte Fr. vander Straten-Ponthoz.
Gustave Van Zuylen-Orban.
Abbé Adelson Walravens.
Armand Wasseige.
Vincent Wéry.

MEMBRES DU CONSEIL.

1877-1878.

Président, M. A. Béchamp.
1er *Vice-Président*, Colonel Jacmart.
2e *Vice-Président*, M. L. Cousin.
Secrétaire, R. P. Carbonnelle, S. J.
Trésorier, M. A. Brifaut.

MM. Fr. de Cannart d'Hamale.
Mis de la Boëssière-Thiennes.
Chanoine Delvigne.
Major De Tilly.
Fr. Dewalque.
André Dumont.
Ph. Gilbert.
Abbé Lecomte.
Dr Lefebvre.
E. Masoin.
A. Ménétrier.
Dr Moeller.
A. Proost.
Léon t'Serstevens.
Cte Fr. vander Straten-Ponthoz.

Secrétaires-adjoints.

MM. L. De Beys.
C. Thiébauld.

MEMBRES DU CONSEIL.

1879 - 1880.

—

Président, M. L. Henry (Louvain).
1er *Vice-Président*, Pce Eugène de Caraman Chimay.
2e *Vice-Président*, M. L. Delgeur.
Secrétaire, R. P. Carbonnelle, S. J.
Trésorier, M. A. Brifaut.

MM. L. Cousin.
Fr. de Cannart d'Hamale.
Mis de la Boëssière-Thiennes.
Chanoine Delvigne.
Fr. Dewalque.
André Dumont.
Ph. Gilbert.
Général Jacmart.
Abbé Lecomte.
Dr Lefebvre.
A. Ménétrier.
Dr Moeller.
A. Proost.
Léon t'Serstevens.
Cte Fr. vander Straten-Ponthoz.

—

Secrétaires-adjoints.

MM. L. De Beys.
Ch. Thiébauld.

BUREAUX DES SECTIONS.

1877-1878.

1re Section.

Président, M. le général Jacmart.
Vice-Présidents, MM. le Vte de Salvert et J. Carnoy.
Secrétaires, MM. De Beys et Ch. Lagasse.

2e Section.

Président, M. L. Henry.
Vice-Présidents, MM. Fr. Dewalque et L. de Gérando.
Secrétaires, MM. P. Marlin et André Dumont.

3e Section.

Président, M. l'abbé Lecomte.
Vice-Présidents, MM. de la Vallée Poussin et Delgeur.
Secrétaires, MM. le R. P. Renard et A. de Fierlant.

4e Section.

Président, M. Lefebvre.
Vice-Présidents, MM. Eustache et Bribosia.
Secrétaires, MM. B. Schmitz et A. Proost.

5e Section.

Président, M. le Cte Fr. vander Straten-Ponthoz.
Vice-Présidents, MM. A. de Moreau d'Andoy et L. t'Serstevens.
Secrétaires, MM. C. Thiébauld et P. Lefebvre.

BUREAUX DES SECTIONS.

1879 - 1880.

—

1re Section.

Président, M. C. Mansion.
Vice-Présidents, MM. L. Cousin et A. Ménétrier.
Secrétaire, M. L. De Beys.

2e Section.

Président, M. Fr. Dewalque.
Vice-Présidents, MM. André Dumont et Bruylants.
Secrétaire, M. Aug. Springael.

3e Section.

Président, M. L. Delgeur.
Vice-Présidents, MM. de la Vallée Poussin et l'abbé Lecomte.
Secrétaire, M. E. de Ville.

4e Section.

Président, M. Lefebvre.
Vice-Présidents, MM. Eustache et Bribosia.
Secrétaire, M. Ach. Dumont.

5e Section.

Président, M. le Cte Fr. vander Straten-Ponthoz.
Vice-Présidents, MM. A. de Moreau d'Andoy et L. t'Serstevens.
Secrétaire, M. Ch. Thiébauld.

SESSIONS DE 1878-1879

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX.

La Société a tenu cinq sessions pendant cette troisième année.

La première, le jeudi 21 janvier 1878;

La seconde, le jeudi 2 mai;

La troisième, le mercredi 6 et le jeudi 7 novembre;

La quatrième, le jeudi 30 janvier 1879;

Et la cinquième, le lundi 21, le mardi 22, le mercredi 23 et le jeudi 24 avril.

Le mardi 22 avril, à 8 heures du soir, grand concert dans la grande salle de l'œuvre de Saint-François-Xavier.

Le lendemain soir, à 6 heures, banquet dans la grande salle du Cercle Catholique, rue d'Assaut.

SÉANCES DES SECTIONS

Première Section.

Jeudi, 21 janvier 1878. — M. Belpaire communique des *Tables à annexer à son mémoire sur la théorie des voûtes en berceau.*

M. Lagasse est chargé de les examiner. Si ses conclusions sont favorables à l'impression, ces tables seront insérées à la suite du mémoire dont il s'agit dans les *Annales* de la deuxième année (voir seconde partie des *Annales*, deuxième année, p. 457).

M. Gilbert présente un mémoire *Sur l'extension aux mouvements plans relatifs de la méthode des normales et des centres de courbure*. Sont nommés commissaires : MM. Ghysens et Mansion.

M. Mansion présente un mémoire *Sur une démonstration élémentaire du théorème de Taylor pour les fonctions d'une variable imaginaire*. Ce mémoire, déjà présenté l'année dernière, a été remanié par l'auteur. Sont nommés commissaires : MM. Hermite et Gilbert.

Une discussion s'élève entre MM. Mansion et Gilbert au sujet d'une assertion émise par le premier : que les démonstrations qui démontrent exactement la même chose doivent être au fond identiques.

Le P. Carbonnelle signale deux théorèmes fort généraux de dynamique, qui peuvent se déduire très simplement d'une proposition formulée il y a trois ans par M. Philippe Breton, de Grenoble, ingénieur en chef des ponts et chaussées, dans un travail publié d'abord par *Les Mondes* de M. l'abbé Moigno (1).

Voici d'abord cette proposition dans les termes mêmes de l'auteur : « Connaissant la série complète de tous les états successifs d'un système de corps, et ces états se suivant et s'engendrant dans un ordre déterminé, du passé qui fait fonction de cause à l'avenir qui a le rang d'effet, considérons un de ces états successifs, et, sans rien changer aux masses composantes, ni aux forces qui agissent entre ces masses, ni aux lois de ces forces, non plus qu'aux situations actuelles des masses dans l'espace, remplaçons chaque vitesse par une vitesse égale et contraire... Nous appellerons cela *révertir* les vitesses ; ce changement lui-même prendra le nom de *réversion*, et nous appellerons sa possibilité *réversibilité* du mouvement du système...

» Or, quand on aura opéré (non dans la réalité, mais dans la pensée pure) la réversion des vitesses d'un système de corps, il s'agira de trouver, pour ce système ainsi réverti, la série com-

---

(1) De la réversibilité de tout mouvement purement matériel. *Les Mondes*, 2, 9, 16 et 23 décembre 1875. Publié de nouveau, en 1876, avec quelques additions de l'auteur dans les *Actualités scientifiques* de M. l'abbé Moigno.

plète de ses états futurs et passés : cette recherche sera-t-elle plus ou moins difficile que le problème correspondant pour les états successifs du même système non réverti? Ni plus ni moins, et la solution complète de l'un de ces deux problèmes donnera celle de l'autre par un changement très simple, consistant, en termes techniques, à changer le signe algébrique du temps, à écrire $-t$ au lieu de $+t$, et réciproquement. C'est-à-dire que les deux séries complètes d'états successifs du même système de corps différeront seulement en ce que l'avenir deviendra passé, et que le passé deviendra futur. Ce sera la même série d'états successifs parcourue en ordre inverse. La réversion des vitesses à une époque quelconque révertit simplement le temps; la série primitive des états successifs et la série révertie ont, à tous les instants correspondants, les mêmes figures du système avec les mêmes vitesses égales et contraires. Si l'on considère deux époques dans une de ces séries d'états avec les deux époques correspondantes dans l'autre série, et si l'on compare dans ces deux séries les chemins décrits par un même corps entre ces deux couples d'époques correspondantes, on trouvera identiquement le même chemin, parcouru par ce corps en deux sens opposés. »

Pour être parfaitement exact, dit le P. Carbonnelle, il faut apporter une restriction à cet énoncé un peu trop général; il faut en excepter certains problèmes de mécanique dans lesquels, grâce à la manière dont ils sont traités, les forces sont des fonctions du temps. Dans ces cas, d'ailleurs assez rares, la proposition pourrait n'être plus vraie, lorsque les forces ne seraient pas des fonctions paires du temps. Quant à la démonstration, M. Breton ne la donne pas; mais elle est bien facile à faire. Il suffit de supposer que l'on change, dans les équations qui renferment complètement le problème, soit le signe des vitesses initiales, soit le signe du temps considéré comme étant la variable indépendante; les deux changements donnent le même résultat, et c'est en cela précisément que consiste la proposition de M. Breton.

Or, si l'on remarque qu'une vitesse nulle est sa propre révertie, on conclut immédiatement les deux théorèmes suivants qu'on

peut bien appeler des théorèmes généraux, quoiqu'ils soient soumis à la même restriction.

1° Si, dans le mouvement d'un système, il y a un instant où toutes les vitesses sont nulles, cet instant divise le mouvement en deux parties parfaitement symétriques, dont l'une est exactement la révertie de l'autre.

2° Si dans le mouvement d'un système, il y a deux instants différents où toutes les vitesses sont nulles, le mouvement est nécessairement périodique, et la période complète se compose de deux parties parfaitement symétriques, dont l'une est exactement la révertie de l'autre.

Une conversation s'engage au sujet des ouvrages publiés sur la rotation des corps; y prennent part notamment : MM. Mansion et Gilbert.

M. Mansion expose à la section un moyen employé par M. Plateau pour obtenir le mouvement d'un corps solide en supprimant toutes les résistances extérieures. Sont entendus : MM. Carbonnelle et Gilbert.

Jeudi, 2 mai 1878. — M. Ghysens donne lecture de son rapport sur le mémoire présenté par M. Gilbert à la séance du 31 janvier sur l'extension aux mouvements plans relatifs de la méthode des normales et des centres de courbure.

Rapport de M. Ghysens.

L'objet principal du travail de M. Gilbert est la solution d'un important problème de mouvement relatif. Imaginons deux figures planes, invariables, F′, F, la première se déplaçant sur le plan de la seconde pendant que celle-ci se meut elle-même dans un plan fixe. On suppose connus, dans le mouvement relatif de la figure F′ et dans le mouvement d'entrainement de la figure F, les vitesses des rotations angulaires ω', ω'', les centres instantanés de rotation C′, C″, enfin les pôles d'inflexion K′, K″; et il s'agit d'obtenir les éléments semblables ω, C, K qui corres-

pondent au mouvement absolu de la figure F'. Ce problème étant résolu, on pourra construire, comme on sait, les normales et les rayons de courbure de la trajectoire absolue d'un point quelconque de la figure F', sans avoir l'équation de cette trajectoire.

M. Gilbert détermine d'abord, par les principes de la composition des rotations autour d'axes parallèles, la vitesse angulaire ω et le centre instantané C; puis, regardant comme connues des quantités implicitement contenues dans les données du problème, savoir la vitesse d'entraînement w'' du point C'' et la vitesse relative w' du point C', il en tire, par une construction fort simple, la vitesse absolue w du point C. On possède, dès ce moment, tout ce qui est nécessaire pour construire le point K, et l'auteur pouvait borner là son travail; mais il nous aurait privés des plus intéressants développements.

La construction qui donne la vitesse w s'exprime par l'équipollence

$$w \simeq \frac{\delta'' w''}{\delta} + \frac{\delta' w'}{\delta} + \omega'' \delta' i,$$

où δ, δ', δ'' représentent, respectivement, les droites C''C', C''C, CC'. L'auteur en déduit, non-seulement la relation

$$\omega w \cos \overline{w\delta} = \omega' w' \cos \overline{w'\delta} + \omega'' w'' \cos \overline{w''\delta},$$

mais encore un curieux théorème sur l'accélération totale du point C dans le mouvement absolu de la figure F'. Enfin, la même équipollence, convenablement transformée, peut se mettre sous la forme remarquable

$$CK \simeq \frac{\delta''^2}{\delta^2} C''K'' + \frac{\delta'^2}{\delta^2} C'K' + \frac{\delta' \delta''}{\delta},$$

et se traduit géométriquement par une construction simple du pôle d'inflexion K. Nous ferons observer, avec l'auteur, qu'on peut étendre la construction à un mouvement plan composé de plusieurs autres. Comme application, M. Gilbert cherche le centre instantané de rotation et le pôle d'inflexion d'une droite qui roule sur la circonférence d'un cercle, pendant que le cercle roule lui-

même sur une droite fixe; et il trouve que la droite K'K'' est partagée par le point K comme la droite C'C'' est partagée par le point C.

En résumé, le travail de M. Gilbert renferme, avec d'autres résultats, une solution élégante d'un problème intéressant et utile de cinématique; il montre, une fois de plus, que la méthode des équipollences peut rendre de grands services à la mécanique. Nous avons l'honneur de proposer l'insertion du travail dans les Annales de la Société.

M. Mansion, second commissaire désigné, n'a pu faire son rapport. La section décide que l'impression du mémoire sera proposée au Conseil, si le rapport que M. Mansion promet de fournir dans un bref délai est favorable (voir le mémoire de M. Gilbert, seconde partie, p. 81).

M. Gilbert fait rapport sur le mémoire de M. Mansion, présenté le 31 janvier, sur une démonstration élémentaire du théorème de Taylor pour les fonctions d'une variable imaginaire, et conclut à l'impression.

Toutefois, M. Mansion est autorisé, suivant son désir, à imprimer ce mémoire en dehors des publications de la Société scientifique.

M. Gilbert expose que M. Sire, qui ne fait pas partie de la Société, demande à répondre dans les Annales aux critiques faites par M. Gilbert dans son travail sur la rotation d'un corps autour d'un point fixe ([1]).

Après discussion, la section décide que M. Gilbert communiquera la réponse de M. Sire aux commissaires qui ont examiné le premier mémoire et qu'il en demandera l'impression comme annexe à ce mémoire ([2]). Les commissaires soumettront leurs conclusions à la section dans une prochaine séance.

M. Mansion expose les bases de son travail sur une nouvelle démonstration du théorème de Taylor, dans le cas où la variable

---

([1]) Voir *Annales*, deuxième année, seconde partie, p. 255.
([2]) Cette réponse n'est jamais arrivée.

est imaginaire. Il présente une note qu'il croit de nature à pouvoir figurer dans les Annales. Sont entendus : MM. Mansion, Gilbert et Carbonnelle. M. Gilbert est nommé commissaire pour l'examen de la note dont il s'agit [1].

M. L. Cousin présente une note *Sur une question d'hydraulique.*

La section désigne comme commissaires : MM. Lagasse et Belpaire.

M. Gilbert donne un aperçu de ses recherches sur les mouvements relatifs :

1. Dans les questions de mouvement relatif, on emploie d'ordinaire l'une des deux méthodes suivantes : La première consiste à transformer, au moyen du théorème de Coriolis sur la composition des accélérations, le théorème des forces vives, celui des moments, etc..., de façon à les rendre immédiatement applicables aux mouvements relatifs. Ainsi ont procédé M. Quet, dans son Mémoire sur les mouvements à la surface de la terre, M. Resal, etc...

Examinant le problème à ce point de vue et m'appuyant seulement sur le théorème de la composition des vitesses et sur une idée due à M. Resal, j'obtiens sans calcul les formules suivantes, où v_x, v_y, v_z sont les composantes de la vitesse absolue d'un point parallèlement aux axes du système de comparaison, j_x, j_y, j_z celles de son accélération absolue; α, β, γ les projections sur ces axes mobiles de l'axe instantané de rotation OR du système de comparaison, relatif à l'origine mobile O :

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} j_x &= \frac{dv_x}{dt} + \beta v_z - \gamma v_y, \\ j_y &= \frac{dv_y}{dt} + \gamma v_x - \alpha v_z, \\ j_z &= \frac{dv_z}{dt} + \alpha v_y - \beta v_x. \end{aligned} \right.$$

---

[1] Cette note a été plus tard retirée par l'auteur, parce qu'elle lui paraissait avoir une portée pédagogique plutôt que scientifique.

On déduit immédiatement de ces formules soit le théorème de Coriolis cité plus haut, avec les expressions *complètement développées* des composantes de l'accélération d'entraînement et de l'accélération centripète composée, soit les formules que Bour avait données pour le même objet dans son Mémoire sur les mouvements relatifs (*Journal de Liouville*, t. VIII, 2e série, p. 8, éq. 12).

Le théorème de Coriolis m'a conduit aussi à des résultats généraux dont un extrait a paru dans les *Nouv. Annales de Math.*, t. XVI, 2e série, 1877.

2. La seconde méthode, employée de préférence par M. Lottner, E. Bour, et d'autres, consiste à introduire dans l'étude des mouvements apparents, les équations données par Lagrange pour traiter les problèmes de mécanique en réduisant les variables au plus petit nombre, et qui sont, comme on sait, de la forme

$$\frac{d}{dt}\frac{dT}{dq'} - \frac{dT}{dq} = \frac{dU}{dq},$$

T étant la demi-force vive totale du système, q l'une des variables dont dépend la position de celui-ci, q' la dérivée de q par rapport au temps, U la fonction des forces qui agissent sur le système.

Bour, transformant par d'assez longs calculs ces équations pour les adapter aux mouvements relatifs, a obtenu les suivantes (*Journal de Liouville*, t. VIII, p. 15. éq. IV) :

$$(2). \quad \ldots\ldots \quad \frac{d}{dt}\frac{dT_2}{dq'} - \frac{dT_2}{dq} = \frac{d(U + K)}{dq},$$

dans lesquelles T_2 représente la force vive *absolue* du système matériel S, *abstraction faite du mouvement des axes mobiles*, et K une quantité définie par l'équation

$$K = -\Sigma m\,(xJ_x + yJ_y + zJ_z);$$

J_x, J_y, J_z sont les composantes, parallèles aux axes mobiles, de l'accélération J de l'origine O de ces axes. Quoique Bour ne fasse que passer par les équations (2) pour arriver à sa méthode, elles me paraissent des plus commodes pour résoudre les problèmes dont il s'agit ici. Or, elles peuvent s'obtenir sans calcul et même sans faire usage du théorème de Coriolis, par un raisonnement tout élémentaire.

En effet, si X, Y, Z désignent les composantes de la force motrice appliquée au point m du système S, nous pouvons regarder l'origine O comme immobile, si nous remplaçons X par $X - mJ_x$, Y par $Y - mJ_y$, etc...., ce qui revient à remplacer U par U + K. Dès lors, la simple application des équations de Lagrange aux mouvements absolus nous fournit immédiatement la relation (2).

En outre, l'interprétation géométrique des expressions de T_2 et de K conduit sans peine aux résultats suivants : 1° K est égal à $-MJ\rho \cos \overline{J\rho}$, ρ désignant la droite qui joint l'origine O au centre de gravité du système matériel, M la masse de celui-ci. K s'annule donc quand le point O n'a pas d'accélération ou lorsqu'il coïncide avec le centre de gravité, etc... 2° T_2 se compose de trois parties,

$$T_2 = T + G + V,$$

T étant la demi-force vive due au mouvement *relatif* du système S considéré, G le demi-produit du carré de la vitesse angulaire ω de la rotation du système de comparaison autour de son axe instantané OR, par le moment d'inertie H du système matériel par rapport à OR ; enfin, V le produit de la vitesse ω par l'axe du moment des quantités de mouvement relatives du système S, projeté sur l'axe OR.

L'avantage de ces formes géométriques données aux quantités qui figurent dans l'équation (2) consiste en ce que, dans chaque problème, elles permettent de calculer directement ces quantités en fonctions des variables les plus convenables, sans passer par ces fastidieuses transformations de coordonnées qui alourdissent la plupart des travaux sur la question que nous étudions.

3. Appliquons ce qui précède au mouvement d'un système matériel pesant S à la surface d'une planète animée d'une vitesse de rotation quelconque ω autour de son axe. Considérant l'attraction de l'astre comme la résultante de la pesanteur g et de la force centripète due à la rotation de la planète (par où j'évite l'erreur de M. Lottner), je trouve pour la fonction des forces qui répond à l'attraction du globe

$$(3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad U = Mg\rho \cos \overline{\rho g} - \frac{H\omega^2}{2} - \frac{M\delta^2\omega^2}{2},$$

δ désignant la distance du centre de gravité de S à l'axe de rotation de la planète. Substituant dans l'équation (2), j'obtiens ce théorème général pour le cas où ρ est nul :

On peut appliquer rigoureusement les équations de Lagrange au mouvement apparent d'un système pesant S *dont le centre de gravité est fixe sur la planète, comme si celle-ci était en repos, pourvu que l'on ajoute à la demi-force vive apparente* T *du système* S *la projection sur l'axe de rotation de la planète, de l'axe du moment des quantités de mouvement de* S, *multipliée par la vitesse angulaire* ω *de cette rotation.*

En effet, les équations (2) se réduisent ici à la forme

$$(4) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{d}{dt}\frac{d(T+V)}{dq'} - \frac{d(T+V)}{dq} = 0,$$

ce qui conduit à des conséquences remarquables, que je ne considère pas ici. Je me borne à montrer que cette équation conduit avec une facilité singulière aux équations différentielles *rigoureuses* du mouvement du gyroscope complet dans les divers cas considérés par M. Lottner, par Bour, et que l'intégration s'opère aussi très facilement, sans négliger les termes en ω^2 comme on le fait d'habitude.

4. Prenons d'abord le cas où l'anneau extérieur E du gyroscope ayant son axe OZ dirigé vers le pôle *nord* N, le tore D, dont le centre de gravité O est fixe sur la planète, a son axe de figure

$O\zeta$ libre de se mouvoir dans tous les sens, l'anneau intérieur I pouvant tourner librement autour de son axe de rotation X_1OX_2. Soient C le moment d'inertie du tore par rapport à son axe de figure $O\zeta$, A le moment d'inertie par rapport à un rayon équatorial; C_1, A_1 les mêmes quantités pour l'anneau intérieur, C_2, A_2 pour l'anneau extérieur, et posons

$$a = A + A_1, \quad a' = A_1 + A_2, \quad b = A + C_1 - A_1;$$

soient enfin θ, ψ et φ les angles qui définissent, à la manière habituelle, la position des axes principaux d'inertie $O\xi$, $O\eta$, $O\zeta$ du tore par rapport au système de comparaison OXYZ, fixe sur la planète. On sait que les composantes de la rotation apparente du tore suivant les axes principaux OX_1, OY_1, $O\zeta$ sont

$$\theta', \quad \psi' \sin\theta, \quad \varphi' + \psi' \cos\theta \text{ (*)},$$

les accents désignant des dérivées par rapport au temps. On a donc, par un théorème connu, pour le tore D,

$$T = \tfrac{1}{2}\left[A(\theta'^2 + \psi'^2 \sin^2\theta) + C(\varphi' + \psi' \cos\theta)^2\right]$$

et pour les composantes de l'axe des quantités de mouvement suivant les mêmes axes

$$A\theta', \quad A\psi' \sin\theta, \quad C(\varphi' + \psi' \cos\theta),$$

d'où

$$V = -\omega\left[A\psi' \sin^2\theta + C(\varphi' + \psi' \cos\theta)\cos\theta\right],$$

le signe — provenant de ce que la rotation de la planète autour de ON est *négative*.

Pour l'anneau intérieur I, il n'y a qu'à remplacer dans ces formules θ, ψ, φ, A, C, respectivement par $\frac{\pi}{2} - \theta$, $\pi + \psi$, 0, A_1, C_1, d'où

$$T = \tfrac{1}{2}\left[A_1(\theta'^2 + \psi'^2 \cos^2\theta) + C_1\psi'^2 \sin^2\theta\right],$$
$$V = -\omega\left[A_1\psi' \cos^2\theta + C_1\psi' \sin^2\theta\right].$$

(*) Voir ma *Mécanique*, n° 215.

Enfin, pour l'anneau E, animé d'une simple rotation ψ' autour de OZ, on a facilement

$$T = \tfrac{1}{2} A_2 \psi'^2, \quad V = -\omega A_2 \psi'.$$

Réunissant, on trouve donc pour le système (D, I, E) entier

$$(5) \cdot \begin{cases} T + V = \tfrac{1}{2}\{a\theta'^2 + (a' + b\sin^2\theta)(\psi' - \omega)^2 + C[\varphi' + (\psi' - \omega)\cos\theta]^2\} \\ \qquad - \dfrac{\omega^2}{2}(a' + b\sin^2\theta + C\cos^2\theta). \end{cases}$$

L'équation (4), dans laquelle on fera successivement $q = \varphi$, $q = \psi$, $q = \theta$, donnera les trois équations

$$\frac{d}{dt}[\varphi' + (\psi' - \omega)\cos\theta] = 0,$$

$$\frac{d}{dt}\{(a' + b\sin^2\theta)(\psi' - \omega) + C[\varphi' + (\psi' - \omega)\cos\theta]\} = 0,$$

$$a\frac{d\theta'}{dt} - b(\psi' - \omega)^2 \sin\theta\cos\theta$$

$$+ C[\varphi' + (\psi' - \omega)\cos\theta](\psi' - \omega)\sin\theta - \omega^2(C - b)\sin\theta\cos\theta = 0.$$

Intégrant les deux premières, désignant par l_1, l_2 des constantes à déterminer par l'état initial, on a

$$\varphi' + (\psi' - \omega)\cos\theta = l_1, \quad (a' + b\sin^2\theta)(\psi' - \omega) - Cl_1\cos\theta = l_2,$$

et après substitution dans la troisième et intégration,

$$(6) \quad . \quad . \quad a\theta'^2 + \frac{(l_2 - Cl_1\cos\theta)^2}{a' + b\sin^2\theta} - \omega^2(C - b)\sin^2\theta = l_3,$$

l_3 désignant une nouvelle constante. C'est le dernier terme du premier membre de cette équation qui manque dans l'égalité correspondante de M. Lottner, et qui, comme je l'ai remarqué ailleurs (*), permet à ce géomètre d'intégrer l'équation (6) sous

(*) *Étude historique et critique sur la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe.*

forme finie lorsqu'on néglige les masses des anneaux, tandis que je suis conduit à une intégration par les fonctions elliptiques. On a alors, en effet,

$$a = A, \quad a' = 0, \quad b = A,$$

et

$$dt = \pm \frac{A \sin\theta \, d\theta}{\sqrt{[l_3 - \omega^2 (A - C) \sin^2\theta] A \sin^2\theta - (l_2 - C l_1 \cos\theta)^2}}$$

5. Les cas où l'axe du tore est maintenu dans un plan fixe ou sur un cône fixe se traitent avec une égale facilité, mais, à l'inverse de ce qui se passe dans le problème précédent, la solution exacte est analytiquement plus simple que le résultat trouvé par Bour et par M. Lottner. Parmi les conséquences remarquables auxquelles on est conduit, je signalerai seulement celle-ci : dans les conditions habituelles de l'expérience à la surface de la terre, l'axe du tore étant assujetti à rester dans un plan horizontal, oscillera de part et d'autre d'une certaine position d'équilibre située dans le plan du méridien. Mais cela n'a pas lieu pour tous les rapports de grandeur entre la rotation de la planète et la rotation initiale du tore : si le rapport de celle-ci à celle-là a une valeur suffisamment petite que je détermine, *l'axe de figure du corps tournant oscillera entre sa position initiale et une autre plus rapprochée de la position d'équilibre stable, sans jamais atteindre celle-ci.*

Les mêmes formules générales permettent de traiter avec une égale facilité diverses autres questions concernant le gyroscope, et mènent à des résultats intéressants, tels que ceux-ci :

1° On peut se demander quelles conditions de construction l'appareil devrait réaliser pour que l'équation de M. Lottner, correspondant à mon équation (6), fût exacte et que l'intégration eût lieu sous forme finie. On voit qu'il suffit pour cela que l'on ait

$$C - A = C_1 - A_1,$$

c'est-à-dire que *l'excès du moment d'inertie relatif à l'axe de figure, sur le moment d'inertie relatif à un diamètre équatorial, ait la même valeur dans le tore et dans l'anneau intérieur.*

2° On sait que M. Sire a construit un *polytrope* destiné à figurer les effets de la rotation terrestre sur un tore tournant rapidement dans des conditions variées. Or, j'ai reconnu que l'application de la méthode ci-dessus au problème du polytrope conduit précisément aux équations que M. Lottner a trouvées pour le mouvement apparent du gyroscope à la surface de la terre. Les formules de M. Lottner donnent donc la solution du problème offert par l'appareil de M. Sire.

La méthode générale permet encore de ramener aux quadratures elliptiques ou abéliennes d'autres problèmes plus compliqués, tels que celui du *tore-pendule* de M. Sire, etc.

Une conversation s'engage au sujet de l'influence que peuvent avoir les hautes mathématiques sur l'art de l'ingénieur; y prennent part : MM. Cousin, Mansion et Gilbert.

M. Turquan présente un mémoire *Sur les solutions singulières des équations aux dérivées partielles du premier ordre.* Est nommé commissaire : M. Mansion.

Jeudi, 7 novembre 1878. — Le R. P. Joubert envoie un mémoire intitulé : *Formation de la réduite de l'équation du multiplicateur dans le cas de la transformation du septième ordre.* Est nommé commissaire : M. Mansion.

(Voir le mémoire du R. P. Joubert, seconde partie, p. 157.)

Le R. P. de Régnon envoie une note *Sur la réfraction à travers les lentilles sphériques épaisses.* Sont nommés commissaires : MM. Gilbert et Carbonnelle (voir la note du R. P. de Régnon, seconde partie, p. 181).

M. Lagasse fait un rapport verbal, aux conclusions duquel s'est rallié M. Belpaire, sur un travail de M. Cousin relatif à une question d'hydraulique. Les commissaires proposent de réduire ce travail à sa partie essentielle et de l'insérer sous forme de résumé dans le procès-verbal de la séance. La section adopte ces conclusions.

Note de M. Cousin.

La petite ville de B. s'élève au bord de la mer, sur un sol à peu près horizontal. L'absence d'égouts menace de nuire à sa prospérité et à son développement, et d'un autre côté le nivellement, plusieurs fois repris, démontre l'impossibilité de donner une pente suffisante aux galeries.

L'administration communale a reçu un projet de canalisation ainsi conçu :

Le réseau s'appuie sur un collecteur long de 1827 mètres, traversant la ville dans son plus grand développement. Ce collecteur est à section ovoïde uniforme : la calotte est un plein cintre de $0^m,80$ de diamètre, le radier est décrit avec un rayon de $0^m,15$ et les côtés avec un rayon de $0^m,90$; la hauteur totale du vide intérieur est de $1^m,10$, à peine suffisante pour la circulation pénible des ouvriers. Le profil en long présente à l'amont une pente de $0^m,0055$ sur 781 mètres, suivie d'une pente de $0^m,0015$ sur 1046 mètres. Il débouche dans un réservoir muni d'une éclusette d'évacuation.

L'auteur du projet a prévu, en tête du collecteur, un réservoir de chasse, et le problème consiste à déterminer les dimensions du réservoir, la pression sur la vanne et l'ouverture de celle-ci.

L'expérience acquise à Londres, à Paris, à Bruxelles, montre que, pour empêcher tout dépôt de se former dans les égouts, le liquide doit avoir une vitesse de $0^m,60$ à 1 mètre par seconde, suivant la nature des matières en suspension.

A B. les dépôts ne seront ni abondants ni adhérents; mais les chasses seront de courte durée, une heure environ, entre deux marées, et nous fixons à $0^m,80$ le minimum de la vitesse dans le collecteur.

Il est utile également de réserver l'intervention de l'ouvrier, pour le cas où la chasse serait insuffisante, et de maintenir le niveau liquide sous la ligne des naissances de la voûte.

L'équation de l'axe hydraulique a la forme :

$$\Delta h = \frac{u^2}{2g} - \frac{u_0^2}{2g} + \int_{s_0}^{s} \frac{1}{R} \varphi(u)\, ds \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

dans laquelle : Δh est la dénivellation de la surface liquide dans l'étendue du tronçon $s_0 s$; u et u_0 les vitesses du liquide à l'aval et à l'amont ; s_0 et s les distances relatives aux sections extrêmes ; R le rayon moyen ou le rapport de la section au contour mouillé.

$\varphi(u)$, pour des vitesses supérieures à $0^m,20$, comme c'est le cas ici, prend la forme simple $b_1 u^2$, dans laquelle $b_1 = 0,0005$.

Pour exprimer R en fonction de la hauteur d'eau, nous avons substitué au profil ovoïde inférieur de la galerie un arc parabolique, et nous avons trouvé :

$$\frac{1}{R} = \frac{5}{4} \left\{ \frac{\sqrt{1 + \frac{2x}{p}}}{x} + \frac{\log\left[\sqrt{\frac{2x}{p}} + \sqrt{1 + \frac{2x}{p}}\right]}{x\sqrt{\frac{2x}{p}}} \right\} \quad (2)$$

Dans cette équation, x représente la hauteur d'eau, et p, le paramètre, est égal à $\frac{8}{70}$. Le tableau suivant, où y représente la demi-largeur au niveau liquide, renseigne les valeurs calculées pour divers niveaux :

Hauteurs d'eau x.	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70
Valeurs de y.	0,262	0,302	0,338	0,370	0,400
Aire de la section d'écoulement. .	0,105	0,161	0,225	0,296	0,373
Valeurs de $\frac{1}{R}$	6,519	5,518	4,860	4,388	4,028

Par analogie ω et ω_0 désigneront les sections extrêmes, et auront pour expressions

$$\omega = \tfrac{4}{3} xy \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

De sorte que

$$u_0^2 = u^2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2} = u^2 \frac{x^3}{x_0^3} \cdot \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Si le tronçon est à pente uniforme i, la dénivellation s'exprime par

$$\Delta h = i(s - s_0) + x_0 - x \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Enfin il est permis, pour une solution approximative et eu égard à la régularité de la section, de poser :

$$\int_{s_0}^{s} \frac{1}{R}\varphi(u)\,ds = \frac{1}{2}(s - s_0)\left[\frac{\varphi(u)}{R} + \frac{\varphi(u_0)}{R_0}\right] = \frac{1}{2}b_1 u^2 (s - s_0)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_0}\frac{x^3}{x_0^3}\right).$$

Dans ces conditions l'équation (1) devient :

$$i(s - s_0) + x_0 - x = \frac{u^2}{2g}\left(1 - \frac{x^3}{x_0^3}\right) + \frac{1}{2}b_1 u^2 (s - s_0)\left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_0}\frac{x^3}{x_0^3}\right). \quad (6)$$

Le mouvement uniforme étant d'ailleurs exprimé par

$$i = b_1 \frac{u^2}{R} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Ce dernier mouvement s'établit dans le tronçon aval du collecteur sous une hauteur d'eau variable avec la vitesse; le minimum admissible correspond à la vitesse de $0^m,80$ et il est de $0^m,536$. C'est aussi cette hauteur d'eau qui exigera le plus petit réservoir et la moindre dépense.

La section correspondante est de $0^{m^2},250$ et le débit de 200 litres. Tels sont les éléments de la section de sortie du tronçon amont, et l'équation (6) permet de calculer ce que doit être la hauteur d'eau à l'entrée.

Nous avons essayé pour x_0 les valeurs $0^m,35$ et $0^m,30$ et nous avons trouvé, par l'équation (6), que la charge était, dans le premier cas, trop forte de $1^m,4859$, trop faible dans le second de $0^m,918$.

Une interpolation permet de fixer à $0^m,32$ la levée de vanne à l'entrée du collecteur, qui concorde avec le mouvement uniforme dans la partie aval.

La section correspondante est de $0^{m^2},116$ et la vitesse doit y être de $\frac{200}{116} = 1^m,724$, ce qui exige une pression de 15 à 16 cen-

timètres d'eau. Pour que la chasse soit efficace, il faut donc que le niveau liquide dans le réservoir soit maintenu à 0,32+0,16=0,48 au-dessus du plafond.

Il conviendra d'amener le fond du réservoir à ce niveau, soit par une chute, soit par une inclinaison continue; ce dernier moyen nous paraît préférable pour l'écoulement.

La chasse devant se prolonger pendant une heure, le volume dépensé sera, à raison de 200 litres par seconde, de 720^{m^3}; et si le réservoir offre une surface de 1000^{m^2} comme le suppose le projet qui nous est soumis, les murs devront s'élever à 0,48 + 0,72 = 1^m,20 et mieux 1^m,50 au-dessus du plafond du collecteur. Encore faudra-t-il recourir à une disposition spéciale pour régler le débit et la pression à l'entrée du collecteur. On atteindrait ce but en divisant le réservoir en deux compartiments et en plaçant entre les deux une vanne à débit constant.

Si la pression sur la vanne alimentaire varie avec le niveau dans le réservoir, il faudra ou bien régler la levée de cette vanne d'après la pression, par exemple en la commandant au moyen d'un flotteur, ou bien augmenter convenablement les dimensions du réservoir, de façon à suffire au débit variable pendant toute la durée de la chasse.

M. Mansion présente une note *Sur quelques principes fondamentaux d'analyse;* M. Gilbert, à qui ce travail a été communiqué, est d'avis qu'il y a lieu d'en proposer l'impression. La section se rallie à son avis (voir la note de M. Mansion, seconde partie, p. 259).

M. Lagasse présente une note *Sur l'assemblage des fonds bombés avec les corps cylindriques des chaudières rotatives.* Dans la pratique, dit M. Lagasse, on paraît considérer les chaudières rotatives comme offrant moins de danger que les chaudières ordinaires. J'ai eu l'occasion d'appeler sur ces appareils toute l'attention des industriels. (*Note sur l'explosion d'une chaudière rotative à la Société des papeteries de Nivelles.* — ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS DE BELGIQUE, t. XXXIV, p. 13.) Il importe de leur signaler également les dangers d'explosion que présentent

les chaudières rotatives, quand on les construit de la manière ordinaire, c'est-à-dire, en assemblant les fonds bombés avec le corps cylindrique à l'aide d'une simple cornière rivée intérieurement. C'est le but de ce travail.

La section nomme commissaires : MM. Ward et Belpaire.

Le R. P. Carbonnelle expose quelques idées sur le problème général des solutions singulières des équations de la dynamique.

Jeudi, 30 janvier 1879. — M. Belpaire présente une note *Sur la résistance des tubes pressés à l'extérieur*. Sont désignés comme commissaires : MM. L. Cousin et Lagasse.

M. Belpaire demande l'autorisation d'imprimer ce travail dans un autre recueil, si l'impression dans les Annales devait en être retardée jusqu'après la session de Pâques.

M. Gilbert demande l'insertion aux Annales de la note suivante :

Note de M. Gilbert.

1. En appliquant les équations de Lagrange au mouvement relatif d'un système pesant, sous la forme que je leur ai donnée, je me suis proposé, comme on l'a vu dans mes précédentes communications, de traiter d'une manière rigoureuse le mouvement du gyroscope complet, soit lorsque l'axe du tore est libre, soit lorsqu'il est assujetti à se mouvoir dans un plan fixe par rapport à la planète. J'ai obtenu la solution analytique de ces divers problèmes, et les variables qui définissent à chaque instant la position des diverses pièces du gyroscope s'expriment élégamment par des fonctions elliptiques du temps t. J'ai cherché aussi à trouver une relation géométrique entre ces mouvements relatifs et des mouvements absolus dont on pût facilement se former une idée nette, et cela m'a conduit à quelques résultats intéressants.

2. Considérons d'abord *un pendule simple, de longueur r, assujetti à rester dans un plan qui tourne autour de la verticale* OZ *du point de suspension avec une vitesse angulaire con-*

stante ω'. Le mouvement relatif de ce pendule dans le plan tournant offre une application très simple de l'équation (2) (séance du 2 mai 1878). Soient θ l'angle compris entre le pendule et la verticale, θ_0 la valeur initiale de θ; on aura ici

$$T = \frac{mr^2}{2}\theta'^2, \quad V = 0, \quad G = \frac{\omega'^2}{2} mr^2 \sin^2\theta, \quad U = mgr\cos\theta, \quad K = 0,$$

et l'équation unique tirée de la formule (2) sera

$$\frac{d\theta'}{dt} - \omega'^2 \sin\theta\cos\theta + \frac{g}{r}\sin\theta = 0.$$

On déduit de là, pour le dire en passant, que le pendule admet deux positions d'équilibre relatif dans le plan tournant, l'une qui répond à $\theta = 0$ (position verticale), l'autre donnée par la condition

$$\cos\theta = \frac{g}{r\omega'^2},$$

qui n'existe que si ω' est plus grand que $\sqrt{\frac{g}{r}}$. C'est un résultat connu de la théorie du régulateur de Watt.

Intégrant une première fois l'équation ci-dessus et posant, pour abréger

$$f = \frac{2g}{r\omega'^2} - \cos\theta_0,$$

on trouve pour l'équation différentielle du mouvement du pendule

$$(7) \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \frac{d\theta^2}{dt^2} = \omega'^2(\cos\theta - \cos\theta_0)(f - \cos\theta),$$

et il y a trois cas à distinguer,

$$\text{I)}\ f - \cos\theta_0 > 0; \quad \text{II)}\ f - \cos\theta_0 = 0; \quad \text{III)}\ f - \cos\theta_0 < 0.$$

Dans le premier cas, il faut encore distinguer deux hypothèses,

$$a)\ f < 1, \quad b)\ f > 1.$$

Dans l'hypothèse (I, *a*), qui revient à $\frac{g}{r\omega'^2} < \cos^2 \frac{\theta_0}{2}$, l'angle θ varie entre une limite *supérieure* égale à θ_0, et une limite inférieure θ_1 telle que $\cos \theta_1 = f$. Ainsi *le pendule reste toujours du même côté de la verticale* OZ *autour de laquelle tourne le plan.* Si nous posons alors

$$\alpha = \frac{\theta_0 + \theta_1}{2}, \quad \beta = \frac{\theta_0 - \theta_1}{2}, \quad k = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}, \quad \rho = \omega' \sin \alpha,$$

l'angle θ s'exprime en fonction explicite du temps par la relation

$$\cos \theta = \frac{\sin \alpha \cos \alpha - \sin \beta \cos \beta \sin \operatorname{am} (\rho t + K)}{\sin \alpha \cos \beta - \sin \beta \cos \alpha \sin \operatorname{am} (\rho t + K)},$$

k étant le module des fonctions elliptiques. Ou, plus élégamment, au moyen des fonctions de Jacobi,

$$\cos \theta = \frac{\cos \alpha\, \theta_3 (\rho t) - \sqrt{k} \cos \beta\, \theta_2 (\rho t)}{\cos \beta\, \theta_3 (\rho t) - \sqrt{k} \cos \alpha\, \theta_2 (\rho t)} \text{(*)}.$$

La durée T de l'oscillation du pendule a pour valeur

$$T = \frac{4K}{\rho} = \frac{4K}{\omega' \sin \alpha}.$$

Dans le cas (I, *b*), θ varie entre les limites $+\theta_0$ et $-\theta_0$, *le pendule oscille ici de part et d'autre de la verticale* OZ *qui est sa première position d'équilibre.* Posant ici

$$\frac{\theta_0}{2} = \alpha, \quad \frac{f - 1}{f - \cos \theta_0} = \cos^2 \beta, \quad k = \frac{1 - \cos \alpha \cos \beta}{1 + \cos \alpha \cos \beta},$$

$$\rho = \frac{\omega' \sin \alpha}{\sin \beta} (1 + \cos \alpha \cos \beta),$$

(*) Notation de MM. Briot et Bouquet. Les fonctions θ, θ_1, θ_2, et θ_3 sont respectivement les fonctions Θ, H, H_1 et Θ_1 de Jacobi.

on trouve pour exprimer θ en fonction du temps

$$\sin^2\frac{\theta}{2} = \frac{[1 + \sin \operatorname{am}(\rho t + K)] \cos\beta \sin^2\alpha}{\cos\alpha + \cos\beta + (\cos\alpha - \cos\beta)\sin \operatorname{am}(\rho t + K)},$$

ou bien

$$\sin^2\frac{\theta}{2} = \cos\beta \sin^2\alpha \frac{\sqrt{k}\,\theta_3(\rho t) + \theta_2(\rho t)}{\sqrt{k}(\cos\alpha + \cos\beta)\theta_3(\rho t) + (\cos\alpha - \cos\beta)\theta_2(\rho t)}.$$

La durée de l'oscillation est $\frac{8K}{\rho}$.

Dans le cas (II), l'équation (7) se réduit à

$$\frac{d\theta^2}{dt^2} = -\omega'^2(\cos\theta - \cos\theta_0)^2$$

et ne peut être vérifiée que par $\theta = \theta_0$; le pendule reste en équilibre relatif dans le plan tournant; c'est le cas signalé plus haut. Enfin, dans le cas (III), l'angle θ varie entre sa limite *inférieure* θ_0 et une limite *supérieure* θ_1 donnée par la relation

$$\cos\theta_1 = f.$$

Le pendule oscille donc encore en restant toujours du même côté de la verticale, et les lois de son mouvement s'expriment par des formules analogues à celles du cas (I, *a*). Il est inutile de les donner ici.

3. Je me suis arrêté à ce problème, d'ailleurs intéressant, de mouvement relatif, à cause de sa relation avec un cas remarquable du mouvement du gyroscope. Supposons que l'axe $O\zeta$ du tore soit assujetti à rester dans un plan XY fixe par rapport à la planète, et appelons λ l'inclinaison de la parallèle ON à l'axe polaire *nord* sur le plan XY, n la vitesse angulaire de la rotation initiale imprimée au tore, ε l'angle $XO\zeta$ compris entre OX, projection de ON sur le plan XY, et l'axe $O\zeta$ du tore. Conservant d'ailleurs les notations du 2 mai 1878, nous trouvons par l'application des équations de Lagrange les intégrales suivantes :

$$\varphi' = n + \omega\cos\lambda(\cos\varepsilon - \cos\varepsilon_0),$$

$$\frac{d\varepsilon^2}{dt^2} = \mu\omega_1^2(\cos\varepsilon_0 - \cos\varepsilon)\left(\frac{2n}{\omega_1^2} - \cos\varepsilon_0 + \cos\varepsilon\right),$$

où l'on a posé pour simplifier

$$\omega_1 = \omega \cos \lambda, \quad \mu = \frac{C}{A + C_1 + A_2},$$

en sorte que μ se réduit à $\frac{C}{A}$ lorsqu'on néglige les masses des anneaux.

Or, on voit immédiatement que pour identifier la 2me des équations précédentes avec l'équation (7), il suffit de poser

$$\theta = \varepsilon, \quad \omega' = \omega_1 \sqrt{\mu}, \quad r = -\frac{g}{\mu \omega_1 (n - \omega_1 \cos \varepsilon)},$$

et l'on a ce théorème remarquable, qui subsiste pour des valeurs quelconques de n et de ω :

Lorsque l'axe du tore est assujetti à rester dans un plan fixe par rapport à la planète, son mouvement relatif est le même que celui d'un pendule simple de longueur r dont le plan d'oscillation tournerait autour de la verticale avec une vitesse angulaire constante ω', cette vitesse ω' et la longueur r étant données par les équations

$$\omega' = \omega \cos \lambda \sqrt{\frac{C}{A + C_1 + A_2}}, \quad r = -\frac{g(A + C_1 + A_2)}{C \omega \cos \lambda (n - \omega \cos \lambda \cos \varepsilon_0)},$$

et la direction de la pesanteur dans le pendule correspondant à la position d'équilibre stable de l'axe du tore.

Il suit de là que la solution, donnée plus haut, du problème du pendule à plan tournant, renferme celle du mouvement de l'axe du gyroscope à plan directeur. Les cas (I), (II), (III) correspondent ici à

$$n < 0, \quad n = 0, \quad n > 0,$$

et les hypothèses *a*) et *b*) à

$$-\frac{n}{\omega \cos \lambda} \lessgtr \sin^2 \frac{\varepsilon_0}{2}.$$

Seulement, dans les expériences de Foucault, n étant toujours très grand et ω très petit, le cas (I, *a*) ne peut se présenter, et

voilà pourquoi Foucault et tous les géomètres qui ont appliqué le calcul à ses expériences en négligeant ω^2 ont trouvé que l'axe du tore oscille de part et d'autre de sa position d'équilibre stable; par exemple, de la méridienne si le plan directeur est horizontal. Mais si nous concevons que l'on opère sur une planète dont la vitesse rotatoire ω serait très grande, et si la rotation initiale n du tore était assez faible, le cas pourrait se réaliser, et l'axe du tore oscillerait d'un même côté de sa position d'équilibre comme le pendule considéré plus haut.

4. J'ai fait encore diverses applications de mes formules générales; par exemple, à un gyroscope dont l'anneau extérieur a un mouvement uniforme de rotation autour de son axe fixe, ou est soumis à l'action d'une pression constante, et j'ai trouvé que le premier de ces deux cas se ramène encore au pendule simple oscillant dans un plan tournant autour de la verticale, avec diverses circonstances remarquables.

Dans le premier problème traité par M. Lottner, celui où l'axe du gyroscope est libre dans tous les sens et se meut sous l'influence de la rotation terrestre, son mouvement apparent peut aussi être réalisé exactement par l'action d'un poids moteur sur l'axe d'un gyroscope, etc., etc.

5. On trouve dans le *Recueil* des travaux de L. Foucault une note inédite sur l'influence que la rotation de la terre exerce sur la position d'équilibre de l'axe de la toupie en mouvement. Si la terre était immobile, cet axe ne pourrait rester en repos complet, comme on sait, que dans la position verticale, mais Foucault observe qu'il n'en est plus ainsi sous l'influence de la rotation terrestre : l'axe en équilibre relatif fait alors, dans le plan du méridien, un très petit angle avec la verticale, en penchant vers l'axe du monde ou en sens contraire suivant le sens de la rotation de la toupie. Foucault semblait croire que l'expression de ce petit angle est impossible à trouver.

Or, les formules générales (communication du 2 mai 1878) s'appliquent facilement à ce problème, en supposant même que

la vitesse ω de la rotation terrestre soit très grande et qu'on ne néglige pas les termes de l'ordre de ω^2. L'équation (2) prend alors cette forme, relativement très simple,

$$(8)\quad \frac{d}{dt}\frac{d(T+V)}{dq'}-\frac{d(T+V)}{dq}=-Mgl\frac{d.\cos\overline{\zeta P}}{dq}+\frac{M\omega^2 l^2}{2}\frac{d.\cos^2\gamma_2}{dq},$$

où T et V sont les quantités définies dans les précédentes communications, l la distance du point d'appui au centre de gravité de la toupie, $\overline{\zeta P}$ l'angle compris entre l'axe de celle-ci et la verticale, γ_2 l'angle que fait le même axe avec la direction ON, parallèle à l'axe de rotation de la planète; enfin q est l'une des trois variables θ, ψ et φ qui définissent la position de la toupie.

Les valeurs de T et V se calculent sans peine, et l'on trouve, après substitution dans l'équation (8), deux équations entre θ, ψ et t pour déterminer le mouvement de l'axe de révolution de la toupie. L'intégration paraît impossible en général, mais ces équations conduisent, dans des cas particuliers, à diverses conséquences remarquables que je développerai prochainement. Pour le moment, je me borne à remarquer :

1° Que si l'on néglige le carré ω^2 de la rotation de la planète, comme on peut le faire dans le cas de l'expérience de Foucault, on obtient pour l'angle ζ, que fait l'axe de la toupie en équilibre avec la verticale, l'expression approchée

$$\zeta=\frac{Cn\omega\cos L}{Mgl},$$

M étant la masse de la toupie, C son moment d'inertie par rapport à l'axe, n la rotation initiale autour de cet axe, L la latitude du lieu. C'est là l'expression désirée par Foucault.

2° Sous une latitude quelconque, si l'on oblige l'axe de la toupie à rester dans le plan du méridien, il y prend un mouvement oscillatoire dont la loi s'exprime par des fonctions elliptiques du temps.

3° Si l'on oblige l'axe à se mouvoir dans un plan parallèle à l'équateur terrestre, la rotation de la toupie autour de son axe

conserve une valeur invariable, et l'axe lui-même oscille dans le plan directeur, de part et d'autre du plan du méridien, suivant la même loi qu'un pendule simple ordinaire de part et d'autre de la verticale. La longueur l' de ce pendule simple est indépendante de la vitesse rotatoire de la toupie, et a pour expression

$$l' = \frac{A}{Ml \cos L}.$$

Lundi, 21 avril 1879. — La section décide que le scrutin pour l'élection de son bureau sera ouvert à partir de ce jour jusqu'à la dernière séance.

Un membre propose de nommer dès aujourd'hui M. Ant. d'Abbadie, présent à la séance, *président d'honneur* de la section; cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. d'Abbadie fait une communication verbale sur un observatoire qui va être érigé aux environs de Nice, aux frais de M. Bischoffsheim, de Paris, et pour l'établissement duquel il a été délégué avec deux de ses collègues du Bureau des longitudes.

Il signale l'utilité qu'il y aurait à faire des observations sur les oscillations de la verticale, en profitant des puits de mines si nombreux et si profonds en Belgique. Dans une foule d'observations astronomiques on suppose implicitement que la verticale est immobile : c'est pourtant une erreur, souvent masquée, il est vrai, par l'emploi trop fréquent de moyennes. Il rappelle ses anciennes remarques de 1837 à Olinda (Brésil) et de 1842 à Gondar (Éthiopie); il décrit l'installation faite plus tard, en 1863, à Abbadia près Hendaye, d'un cône tronqué de béton, à axe creux, haut de dix mètres et reposant sur le rocher; il expose le procédé qui lui permit de recueillir en une seule année les deux mille observations qu'il a résumées dans la première réunion de l'*Association française pour l'avancement des sciences*, en 1872, à Bordeaux; il cite également les observations concordantes faites à l'île Campbell en 1874 par M. Bouquet de la Grye qui ignorait les siennes.

Plus d'un ingénieur de charbonnages, appartenant à la Société scientifique, pourrait utilement s'occuper de ces recherches.

Mardi, 22 avril 1879. — M. d'Abbadie, membre de l'Institut, présente un instrument astronomique, construit d'après ses indications, et destiné spécialement aux voyages d'exploration. Il l'appelle *aba;* c'est un instrument à deux cercles, une sorte de théodolite ou d'*altazimut.* Ses usages sont nombreux et variés.

La destination toute spéciale de l'*aba* aux voyages lointains en pays inconnus, a fait préférer, comme enveloppe, un sac de cuir à une caisse en bois. Deux raisons justifient ce choix : la facilité du transport et le danger d'exciter la cupidité. En Éthiopie, par exemple, les indigènes ne comprennent une caisse en bois poli que pour un objet excessivement précieux.

Dans cet appareil on a supprimé presque toutes les vis, même celles qui, dans les instruments ordinaires, servent à annuler l'erreur de collimation. On a conservé cependant les trois vis calantes, destinées à placer horizontalement l'instrument par l'intermédiaire de deux niveaux à bulle d'air et à axes perpendiculaires. Les autres vis sont remplacées par des goupilles. Le motif de cette substitution, qui est une innovation tardive dans les instruments d'astronomie et de physique, est le déchaussement facile des vis par l'effet de petits chocs fréquents. Souvent une vis sort de son écrou pendant le voyage, erre çà et là dans la boîte, raye profondément les divisions toujours si délicates du limbe, ou casse les verres des niveaux, ce qui met tout l'instrument hors d'usage. Ce fait, souvent constaté par M. d'Abbadie dans son long voyage d'Éthiopie, a d'abord été contesté, notamment par Gambey; aujourd'hui il est hors de doute et l'abandon des vis est général (1).

L'*aba* porte deux cercles, gradués en grades et non en degrés. On lui a ajouté une boussole qui servira à orienter, comme pis aller, un tour d'horizon pris sous un ciel couvert; mais le principal usage qu'on devra en faire sera de déterminer la déclinaison de l'aiguille aimantée.

M. d'Abbadie considère, avec beaucoup de physiciens, la bous-

---

(1) Le R. P. Lafont, directeur de l'Observatoire de Calcutta, déclare que des accidents semblables lui sont arrivés plusieurs fois dans le transport des instruments de précision.

sole comme un très mauvais instrument de précision. Elle peut tout au plus être considérée comme donnant *approximativement* la direction du méridien. Mais cet à peu près est des plus grossiers, surtout dans les pays où, comme en Afrique, le minérai de fer abonde.

La lunette de l'*aba* est plus puissante qu'on ne la prend ordinairement pour des instruments de cette taille; c'est la mise en pratique de la sage maxime de l'astronome Santini : « Pour bien observer, il faut d'abord voir aisément. »

Jusqu'ici on mettait devant l'oculaire un prisme quand on voulait observer un astre près du Zénith; mais ce prisme mobile est exposé à se perdre. L'*aba* porte un prisme à demeure, mis devant l'objectif, ce qui permet d'employer une lunette plus forte, d'observer toujours de la même manière et de lire plus vite le cercle vertical dont le centre est alors occupé par l'oculaire.

On ne peut pas faire mouvoir un cercle dans l'intérieur d'un autre cercle sans laisser un tout petit vide entre ces deux pièces. Le cercle intérieur pouvant alors s'appuyer sur le cercle extérieur plus d'un côté que de l'autre, on a ainsi ce que l'on appelle l'erreur d'excentricité. Pour l'éliminer, il est nécessaire de lire les deux verniers opposés; mais un observateur prévoyant s'affranchira de ce surcroît de travail en lisant ses verniers de temps en temps et de cinq en cinq grades. Avec les demi-différences ainsi trouvées, et avec leurs signes, il dresse une table qui servira dans tous les calculs.

Les mouvements de la lunette et du prisme sont commandés par des crémaillères. L'instrument s'installe sur un pied à une hauteur commode pour l'œil.

Il sert surtout à quatre genres d'observations :

1° Obtenir l'heure à une seconde près, soit par les hauteurs correspondantes, soit même par les hauteurs absolues.

2° Mesurer les hauteurs circumméridiennes du soleil; ce qui permettra d'obtenir aisément la latitude à 4 ou 5 secondes près. Une pareille erreur correspond à 150 mètres environ sur la surface du globe.

3° Trouver la longitude en observant une série de distances

zénithales de la lune ou, selon le cas, une série de différences d'azimut entre cet astre et le soleil.

4° Déterminer les azimuts et relever les directions et les distances *relatives* des montagnes, collines, villages. etc. On peut ainsi, par des azimuts liés et sans mesurer une base, dresser une carte, privée d'échelle, il est vrai, mais suffisante pour donner une idée du pays sans connaître les distances *absolues* des points marqués sur cette carte.

M. d'Abbadie insiste sur les avantages que présente la méthode des azimuts correspondants.

Il termine en exprimant le vœu que chaque voyageur, en rentrant dans ses foyers, donne la relation de ses insuccès comme de ses résultats heureux, et indique sa manière de travailler et ses aspirations vers des progrès ultérieurs.

Le R. P. Delsaulx envoie un travail *Sur une propriété des surfaces du second degré dans la théorie de l'électricité statique.* M. Gilbert est prié d'examiner ce travail et de faire son rapport dans la séance prochaine.

Mercredi, 23 avril 1879. — M. Gilbert fait rapport sur le mémoire du R. P. Delsaulx présenté à la séance précédente. Conformément à ses conclusions, la section proposera au Conseil l'impression du Mémoire.

Rapport de M. Gilbert.

On démontre dans la théorie de l'électricité statique que la couche électrique infiniment mince, en équilibre à la surface d'un conducteur ellipsoïdal, jouit de la propriété que les éléments de cette couche compris dans un cône infiniment étroit, ayant son sommet en un point M quelconque à l'intérieur de l'ellipsoïde, exercent sur le point M des actions égales et opposées qui se font équilibre. En même temps, on reconnaît que la densité de la couche électrique, en chaque point de la surface

de l'ellipsoïde, est en raison inverse de la perpendiculaire abaissée du centre de la surface sur le plan tangent en ce point.

Le R. P. Delsaulx s'est proposé de rechercher si la première de ces deux propriétés peut appartenir à d'autres surfaces qu'à l'ellipsoïde, et à cet effet, il commence par donner une relation géométrique qui est comme la traduction de la propriété énoncée, et qui doit être vérifiée entre deux points quelconques (x, y, z) et (ξ, η, ζ) de la surface cherchée. Le chemin qui semble naturellement s'ouvrir consiste à intégrer un système d'équations aux dérivées partielles d'une forme particulière, facile à tirer de la relation ci-dessus; mais ce problème paraît extrêmement compliqué, parce qu'il y a à déterminer simultanément deux fonctions, celle qui égalée à zéro donne l'équation de la surface, et celle qui représenterait la densité convenable pour l'équilibre en chaque point de cette surface.

Le savant géomètre se tire de cette difficulté avec beaucoup d'habileté, et par une méthode aussi ingénieuse qu'élémentaire, il démontre que les surfaces du second ordre douées de centre peuvent seules admettre la propriété connue pour l'ellipsoïde. L'analyse même qui le conduit à ce résultat, et que je considère comme tout à fait nouvelle, détermine en même temps la loi de la densité de la couche électrique, et aboutit à un théorème élégant qui comprend le deuxième théorème relatif à l'ellipsoïde.

Le point de théorie générale qu'aborde le R. P. Delsaulx dans la seconde partie de sa note n'offre pas moins d'intérêt et servira utilement à ceux qui cultivent la théorie du potentiel pour la discussion d'une question assez délicate, sur laquelle les géomètres ne sont pas bien d'accord.

Je conclus en priant la section de vouloir bien demander au Conseil l'insertion, dans les *Annales* de la Société, de la note très intéressante et très instructive de notre savant confrère.

M. Gilbert fait une nouvelle communication à propos de ses recherches sur l'extension des équations de Lagrange aux mouvements relatifs.

Je me propose, dit-il, de compléter aujourd'hui, sur quelques

points, des communications antérieures, dans lesquelles j'ai étudié l'application des équations de Lagrange aux mouvements relatifs.

1. Dans la séance du 2 mai dernier, j'ai donné les équations du mouvement relatif d'un gyroscope et de ses deux anneaux, sur une planète dont la vitesse rotatoire ω peut être quelconque. Lorsqu'on néglige les masses des anneaux vis-à-vis de celle du tore, qu'on suppose que celui-ci ait reçu une vitesse de rotation initiale n autour de son axe de figure immobile, et que l'on pose $\cos\theta = x$, on a

$$a = b = A, \quad a' = 0,$$

et l'équation (6) qui détermine l'angle θ en fonction du temps se réduit à

$$A^2\frac{dx^2}{dt^2} = \left[l_3 + \omega^2(C - A)(1 - x^2)\right] A(1 - x^2) - (l_2 - Cl_1x)^2 = X.$$

X est donc du quatrième degré en x et a quatre racines réelles, dont deux comprises entre -1 et $+1$, $x_0 = \cos\alpha$, $x_1 = \cos\beta$, *α étant la valeur initiale de θ*, et deux autres, x_2 et x_3, respectivement inférieure à -1 et supérieure à $+1$. L'angle θ varie périodiquement entre les limites α et β, et l'on a $\alpha \lessgtr \beta$ suivant que n est $\gtrless 0$, c'est-à-dire suivant le sens de la rotation initiale.

Considérons le premier cas. La valeur de t en fonction de x se ramène aux intégrales elliptiques par la méthode de Richelot; le module k est déterminé par l'équation

$$\frac{1-k}{1+k} = \sqrt{\frac{(x_1 - x_2)(x_0 - x_3)}{(x_1 - x_3)(x_0 - x_2)}},$$

et si l'on pose

$$\rho = \frac{\omega}{2\sqrt{Ak}}\sqrt{(C - A)(x_0 - x_1)(x_3 - x_2)},$$

la durée d'une oscillation complète de l'axe du tore aura pour valeur

$$\frac{2K}{\rho},$$

et l'angle θ s'exprimera en fonction explicite du temps par la formule

$$\frac{\cos\theta - \cos\beta}{\cos\alpha - \cos\theta} = \frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{X_1'}{2ACn\omega}\,\frac{\sqrt{k}\,\theta_3(\rho t) + \theta_2(\rho t)}{\sqrt{k}\,\theta_3(\rho t) - \theta_2(\rho t)}},$$

où X_1', désigne la dérivée de X par rapport à x dans laquelle on fait $x = x_1$, et θ_2, θ_3 désignent les fonctions H_1 et Θ_1 de Jacobi.

L'angle θ étant connu, ψ s'exprime en fonction du temps comme il suit : posons $u = \rho t + K$; désignons par F, F_1, G, G_1 des constantes qui se forment très simplement au moyen des racines x_0, x_1, x_2, x_3. Nous aurons

$$\psi = \psi_0 + \omega t + \frac{l_2 + Cl_1}{2A\rho}\int_0^u \frac{F + F_1 \sin\operatorname{am} u}{F + G + (F_1 + G_1)\sin\operatorname{am} u}\,du$$
$$+ \frac{l_2 - Cl_1}{2A\rho}\int_0^u \frac{F + F_1 \sin\operatorname{am} u}{F - G + (F_1 - G_1)\sin\operatorname{am} u}\,du.$$

Ces intégrales, par une méthode due à M. Hermite, se ramènent élégamment aux fonctions Θ de Jacobi; le résultat, qui est assez compliqué, sera donné *in extenso* dans mon Mémoire. L'angle φ s'exprime par des intégrales analogues.

2. Ainsi que je l'ai indiqué dans mes communications du 2 mai et du 30 janvier dernier, l'équation (2) s'applique commodément à divers problèmes concernant le gyroscope. Supposons, par exemple, que le tore D ait reçu une rotation initiale n autour de son axe $O\zeta$, que l'anneau intérieur I puisse tourner librement sur son axe X_1OX_2, mais que l'anneau extérieur E soit obligé de tourner autour de son axe OZ, supposé vertical pour plus de clarté, avec une vitesse angulaire constante ω. La terre est supposée fixe.

Le mouvement du tore sera défini par deux angles, l'angle $\theta = \zeta OZ$ compris entre son axe de figure et OZ, l'angle φ compris entre un rayon du disque tournant et l'axe OX_1 de l'anneau intérieur.

On calcule sans peine T, V, G; U et K sont nuls, et l'on a les intégrales premières que voici (*) :

$$\varphi' + \omega \cos\theta = l_1 = n + \omega \cos\theta_0,$$

$$\frac{d\theta^2}{dt^2} = \frac{\omega^2 b}{a}(\cos\theta - \cos\theta_0)\left(\frac{2Cl_1}{\omega b} - \cos\theta_0 - \cos\theta\right).$$

On est donc encore ramené, pour le mouvement de l'axe du tore, à une équation facile à identifier avec celle du pendule à plan d'oscillation tournant (voir la séance du 30 janvier). Les éléments du mouvement de ce pendule seront ici

$$\omega' = \omega\sqrt{\frac{b}{a}}, \quad r = \frac{ga}{C\omega(n + \omega\cos\theta_0)},$$

et les valeurs de θ en fonction de t dans les divers cas s'exprimeront en fonctions elliptiques par les équations données pp. 23-24. La discussion conduit à divers résultats curieux, dont voici quelques-uns : 1° *Si la rotation initiale n satisfait à l'équation*

$$n = \frac{\omega}{C}(A - C + C_1 - A_1)\cos\theta_0,$$

l'axe du tore conservera une inclinaison constante θ_0 *sur l'axe* OZ *de l'anneau extérieur, et la rotation apparente du disque sera uniforme.* 2° *Si* $n = 0$, c'est-à-dire *si le tore est en repos par rapport à l'anneau* E *à l'instant* $t = 0$, *et si de plus on a la relation déjà signalée*

$$C - A = C_1 - A_1,$$

le tore restera indéfiniment en repos relatif. 3° *Lorsque les moments d'inertie du tore* D *et de l'anneau intérieur* I *satisfont à la condition*

$$A_1 = A + C_1,$$

(*) J'ai conservé les mêmes notations que dans les séances rappelées plus haut.

l'axe du tore oscille de part et d'autre de l'axe OZ *suivant les mêmes lois qu'un pendule simple dont la longueur serait*

$$\frac{g(A + A_1)}{C\omega(n + \omega\cos\theta_0)};$$

on observera que $n + \omega\cos\theta_0$ est la rotation initiale *totale* du tore autour de la droite $O\zeta$.

3. Le problème précédent est fort différent de celui où l'anneau extérieur E de l'appareil, au lieu d'avoir une rotation uniforme, serait libre autour de OZ et soumis à l'action d'une force constante, pouvant d'ailleurs se réduire à zéro. J'ai traité ces différents cas, bien que ne se rattachant pas directement aux mouvements relatifs, mais je ne donnerai ici qu'un ou deux résultats :

1° Lorsque la force appliquée sur l'anneau E est nulle, les équations différentielles du 1er ordre qui définissent les angles θ, ψ et φ en fonction du temps sont précisément les mêmes qu'avait trouvées M. Lottner pour le mouvement relatif du gyroscope libre à la surface de la terre, et dans lesquelles on poserait $\omega = 0$.

2° Lorsqu'une force motrice agit sur le système composé du tore D et de ses anneaux I et E, il se présente des cas très remarquables, comme le suivant : *Supposons qu'un poids* P *agisse en un point variable* H *de l'axe du tore, et que l'on ait les relations*

$$P = \frac{\omega^2(C - b)}{2l}, \quad OH = l\cos\theta,$$

faciles à réaliser par un mécanisme très simple, l ayant une valeur donnée. Le mouvement du système (D, I, E) *par rapport à un plan tournant autour de* OZ *avec une vitesse angulaire constante* ω, *reproduira identiquement le mouvement relatif du gyroscope par rapport à une planète dont la vitesse rotatoire serait* ω, *dans le cas considéré plus haut sous le* n° 1, *les données initiales étant les mêmes de part et d'autre.*

On pourra donc ainsi réaliser, par une expérience de mouvement absolu, les phénomènes que présenterait le mouvement apparent d'un gyroscope libre sur une planète tournant avec une vitesse quelconque.

4. J'ai indiqué aussi (30 janvier 1879) comme application de mes formules, le mouvement relatif d'un solide de révolution pesant, fixé par un point de son axe de figure sur une planète tournant avec une vitesse ω constante, mais quelconque. L'équation (2) de Bour prend alors la forme (8), dans laquelle on doit remplacer

$$\begin{aligned} T + V = \tfrac{1}{2}\left[A(\theta'^2 + \psi'^2 \sin^2\theta) + C(\varphi' + \psi' \cos\theta)^2\right] \\ - \omega\left[A\theta' \cos\gamma + A\psi' \sin\theta \cos\gamma_1 + C(\varphi' + \psi' \cos\theta)\cos\gamma_2\right]; \end{aligned}$$

γ, γ_1, γ_2 sont les angles que font les axes d'inertie OX_1, OY_1, $O\zeta$ du tore avec ON, et leurs cosinus s'expriment, ainsi que $\cos\overline{\zeta P}$ par la trigonométrie, en fonction des angles θ, ψ, λ, et des angles u et v qui définissent la position de la verticale OP du point fixe O par rapport à l'axe OZ et au plan ZOX qui renferme la parallèle ON à l'axe de la planète.

Lorsque l'axe $O\zeta$ de la toupie est libre en tous sens autour du point O, et qu'on a imprimé à la toupie une rotation initiale n autour de son axe immobile, on peut choisir OZ suivant ON; on a

$$\lambda = 90^\circ, \quad \cos\gamma_2 = \cos\theta, \quad u = \frac{\pi}{2} - L, \quad v = 0,$$

et les équations différentielles qui définissent θ et ψ sont

$$(9)\left\{\begin{aligned} &\frac{d}{dt}\left[A(\psi' - \omega)\sin^2\theta + Cl_1 \cos\theta\right] = -Mgl \cos L \sin\theta \cos\psi, \\ &A\frac{d\theta'}{dt} - A(\psi' - \omega)^2 \sin\theta\cos\theta + Cl_1(\psi' - \omega)\sin\theta \\ &+ \omega^2(Ml^2 - C + A)\sin\theta\cos\theta = Mgl(\sin L \sin\theta - \cos L \cos\theta \sin\psi), \end{aligned}\right.$$

la valeur de la constante l étant $n - \omega\cos\theta_0$.

Appliquant d'abord ces équations à la recherche de la position d'équilibre de l'axe $O\zeta$, on trouve comme solutions $\cos L = 0$, ce qui ne convient qu'au pôle, et $\cos \psi_0 = 0$, ce qui nous apprend que l'axe ne peut être en équilibre que dans le plan du méridien. La 2me équation (9) donne alors, pour déterminer l'angle θ_0, l'équation

$$Cn\omega \sin \theta_0 - M\omega^2 l^2 \sin \theta_0 \cos \theta_0 = Mgl \cos (L + \theta_0),$$

qui peut admettre quatre racines pour θ_0. Lorsqu'on néglige les termes de l'ordre de ω^2 on retombe sur la solution que nous avons donnée dans la séance du 30 janvier,

$$\zeta = \frac{Cn\omega \cos L}{Mgl},$$

et l'on voit que le signe de ζ est le même que celui de n; cela nous apprend que l'axe de la toupie s'inclinera légèrement vers l'axe ON ou en sens contraire suivant que la rotation se fera de gauche à droite ou de droite à gauche par rapport à $O\zeta$.

5. Lorsque $L = \frac{\pi}{2}$, ou lorsque le point O coïncide avec le pôle nord de la planète, les équations (9) s'intègrent. L'inconnue $x = \cos\theta$ est déterminée par l'équation

$$(10)\quad A^2 \frac{dx^2}{dt^2} = (l_3 - 2Mglx + \omega^2 D^2 x^2) A (1 - x^2) - (l_2 - Cl_1 x)^2 = X,$$

dans laquelle $D = Ml^2 - C + A$, l_2 et l_3 sont des constantes déterminées par l'état initial. Cette équation s'intègre par les fonctions elliptiques comme celle du n° 1, mais il y a trois cas à distinguer :

1° $\qquad D < 0 \quad \text{ou} \quad C > Ml^2 + A.$

X admet quatre racines réelles, θ varie entre sa valeur initiale θ_0 et une autre valeur θ_1 plus grande ou plus petite que θ_0 sui-

vant le signe de n; il y a donc oscillation de l'axe de figure $O\zeta$ par rapport à la verticale OZ.

2° $$D > 0 \quad \text{ou} \quad C < A + Ml^2.$$

X a encore ici deux racines $x_0 = \cos\theta_0$ et $x_1 = \cos\theta_1$ comprises entre -1 et $+1$, et θ varie entre les limites θ_0 et θ_1, mais pour opérer la réduction aux fonctions elliptiques il restera à établir par les données initiales entre quelles limites sont comprises les autres racines.

3° $$D = 0 \quad \text{ou} \quad C = A + Ml^2,$$

hypothèse qui conduit, dans l'équation (10), aux mêmes résultats que si l'on négligeait ω^2. Le polynôme X est du troisième degré, la réduction aux fonctions elliptiques se fait sans difficulté; mais sans aller jusque-là, on reconnait que les trois équations du premier ordre qui déterminent θ, ψ et φ en fonction de t se réduisent ici aux équations bien connues qui représentent le mouvement d'un solide pesant fixé par un point de son axe de figure, sauf à remplacer dans celles-ci ψ par $\psi - \omega t$. Ainsi, *dans ce cas seulement de* $C = A + Ml^2$, *le mouvement apparent de la toupie dont le point d'appui est au pôle, rapporté à un plan tournant autour de la verticale en sens contraire de la rotation du globe et avec la même vitesse, sera identique au mouvement de la même toupie appuyée sur un plan horizontal fixe, les données initiales de vitesse et de position étant d'ailleurs les mêmes dans les deux cas.*

6. Pour une valeur quelconque de L, j'ai encore examiné le cas où l'axe de la toupie serait obligé de se mouvoir dans un plan fixe quelconque, que l'on choisirait pour plan XY, ce qui donnerait $\theta = \frac{\pi}{2}$. On trouve alors pour déterminer ψ

$$(11) \quad \left\{ \begin{aligned} & A\frac{d\psi'}{dt} + Cl_1\omega\cos\lambda\cos\psi + \frac{\omega^2}{2}(C - Ml^2)\cos^2\lambda\,\frac{d.\sin^2\psi}{d\psi} \\ & + Mgl\sin u\cos(\psi - v) = 0. \end{aligned} \right.$$

Si l'on veut tirer de cette équation les positions pour lesquelles

l'axe $O\zeta$ resterait en équilibre dans le plan directeur XY, on trouve pour déterminer la valeur initiale ψ_0 de ψ une équation du quatrième degré en $\sin\psi_0$. Mais si l'on pose

$$\sin\psi_0 = y, \quad \cos\psi_0 = x,$$

$$\frac{Mgl\sin u\sin v}{Ml^2\omega^2\cos^2\lambda} = a, \quad \frac{Mgl\sin u\cos v + Cn\omega\cos\lambda}{Ml^2\omega^2\cos^2\lambda} = b,$$

on voit que cette équation en ψ_0 se ramène à celles-ci :

$$xy - ay - bx = 0, \quad x^2 + y^2 = 1,$$

et l'on obtient cette solution géométrique élégante : *Prenons dans le plan directeur* XY *un point* M *ayant pour coordonnées par rapport à* OX, OY *les quantités* a, b ; *menons par ce point quatre droites* PQ, P'Q', P''Q'', P'''Q''' *telles que leur longueur entre les axes* OX, OY *soit égale à l'unité. Les droites menées du point* O *aux milieux respectifs de ces droites* PQ,.... *seront les traces, sur le plan* XY, *du plan de l'équateur de la toupie dans ses quatre positions d'équilibre possibles.*

De ces quatre solutions, deux ne sont possibles que si la vitesse de rotation de la planète satisfait à la condition

$$a^{\frac{2}{3}} + b^{\frac{2}{3}} \leqq 1,$$

ou

$$(Mgl\sin u\sin v)^{\frac{2}{3}} + (Mgl\sin u\cos v + Cn\omega\cos\lambda)^{\frac{2}{3}} \leqq (Ml^2\omega^2\cos^2\lambda)^{\frac{2}{3}}.$$

C'est ce qui ne se présentera jamais à la surface de la terre, à cause de la petitesse de ω.

Intégrant l'équation (11), on est encore ramené, lorsque le plan directeur XY est normal au plan du méridien, à l'équation différentielle du pendule simple à plan d'oscillation tournant avec une vitesse constante. *L'axe* $O\zeta$ *de la toupie oscille donc, par rapport à l'intersection des deux plans, comme un pendule simple de longueur r entraîné dans la rotation d'un plan tournant autour de la verticale avec une vitesse* ω', *et l'on a*

$$\omega' = \omega\cos\lambda\sqrt{\frac{C - Ml^2}{A}}, \quad r = \frac{Ag}{Mgl\sin u \pm Cl_1\omega\cos\lambda},$$

le signe supérieur se rapportant au cas où la verticale OP *est comprise entre l'axe* ON *et la normale* OZ *au plan directeur, le signe inférieur au cas contraire.*

J'ai obtenu un grand nombre d'autres résultats intéressants que je réserve pour des communications ultérieures.

Prennent la parole sur cette communication : MM. Carbonnelle, Vicaire, Lafont, P. Nève, d'Abbadie et Van Schendel.

Jeudi, 24 avril 1879. — Il est procédé au dépouillement du scrutin pour l'élection du bureau, année 1879-1880.

Le bureau est composé comme suit :

Président d'honneur,	MM. Ant. d'Abbadie.
Président,	Mansion.
Vice-présidents,	L. Cousin. Ménétrier.
Secrétaire,	De Beys.

M. le président propose aux membres présents de se rendre dans la cinquième section pour entendre M. Focillon.

Deuxième Section.

Jeudi, 31 janvier 1878. — M. De Heen entretient la section des phénomènes intermoléculaires qui accompagnent la fusion et la solidification des corps cristallisables.

M. Dewalque donne des explications sur le télémètre et le chronographe. Une discussion s'engage à ce sujet. MM. Henry, R.-P. Van Tricht, Dewalque et De Heen y prennent part.

M. Henry communique à la section les résultats de ses recherches sur les chlorhydrines propyléniques et glycériques, et sur les combinaisons minérales dites *au minimum.*

Jeudi, 7 novembre 1878. — M. Bruylants rend compte de ses nouvelles recherches sur la composition des huiles essentielles. Il a pris pour objet de ses études les essences d'aspic, de lavande, de marjolaine et de romarin, provenant toutes de plantes de la famille des labiées.

Les résultats de ces études confirment les idées qu'il a émises précédemment (1) sur la relation qui existe entre les différents produits contenus dans une essence. Les quatre huiles essentielles étudiées renferment, en effet, outre la résine, un hydrocarbure $C_{10}H_{16}$, un alcool $C_{10}H_{18}O$, et un aldéhyde ou acétone $C_{10}H_{16}O$. Elles diffèrent entre elles par la nature physique et les proportions relatives de ces divers éléments.

M. Henry entretient la section des résultats qu'il a obtenus en poursuivant ses recherches sur les chlorhydrines propyléniques et glycériques ainsi que sur les combinaisons minérales dites *au minimum.*

Jeudi, 30 janvier 1879. — M. De Heen fait une communication sur la dilatabilité des solutions salines.

Il expose comment il procède pour évaluer la variation du volume des sels lorsqu'ils entrent en dissolution.

M. Henry donne un aperçu sommaire d'un travail de chimie moléculaire qu'il poursuit en ce moment sur le phénomène de l'ébullition, et cite les résultats de diverses expériences.

Lundi, 21 avril 1879. — M. Bruylants expose une nouvelle méthode de préparation des acides iodhydrique et bromhydrique.

Les terpènes $C_{10}H_{16}$ jouissent, de même que leurs polymères, de la propriété de se combiner par simple addition avec une ou deux molécules d'iode ou de brome.

Soumis à l'action de la chaleur, ces produits d'addition se scindent, en donnant naissance à du cymol et aux hydracides halogénés.

---

(1) *Annales de la Société scientifique de Bruxelles.* Deuxième année, p. 351.

Cette décomposition se produit très facilement au moyen de l'huile essentielle de copahu, qui, chauffée avec de l'iode, donne lieu à un dégagement abondant et régulier d'acide iodhydrique.

Soixante grammes d'essence de copahu peuvent transformer presque totalement en acide iodhydrique ou en acide bromhydrique 150 grammes d'iode ou de brome.

M. le Dr Béchamp dit que ces expériences de M. Bruylants démontrent une fois de plus l'exactitude de la classification des métalloïdes établie par M. Dumas en se fondant sur leurs combinaisons hydrogénées.

La nature métallique de ces corps va en s'affirmant de plus en plus. Si l'on chauffe du soufre avec de la paraffine, on obtient de l'hydrogène sulfuré; dans le traitement de la paraffine par le brome, il reste dans le récipient la moitié du corps halogène.

M. Béchamp expose différents procédés pour préparer à peu de frais les composés hydrogènes des corps halogènes.

Il rappelle les expériences faites pour décomposer en leurs éléments certains corps considérés comme corps simples.

M. Henry dit qu'un grand nombre de chimistes ont une tendance à revenir à la théorie du phlogistique.

M. Béchamp répond que les phénomènes chimiques s'accomplissent entre matières pondérables, et que le poids d'une combinaison est certainement égal à la somme des poids de ses éléments. Il existe bien des agents immatériels, mais qui n'ont rien de commun avec le phlogistique. Il est vrai que dans les questions de thermodynamique on est tenu de considérer, en même temps que les phénomènes de la chaleur et de la lumière, les mouvements d'une molécule, mais encore faut-il regarder la molécule comme quelque chose de matériel.

Une discussion s'engage entre MM. Henry et Béchamp au sujet de la valeur et de l'utilité de la théorie atomique.

M. Béchamp donne un aperçu des recherches qu'il a faites depuis vingt-deux ans sur les matières albuminoïdes.

La section l'invite à rédiger sur ce sujet un travail dont elle demanderait la publication dans les *Annales*.

Mercredi, 23 avril 1879. — M. le professeur Dewalque donne un aperçu des découvertes et des idées de M. Norman Lockyer sur la *non-simplicité* de certains corps considérés jusque maintenant comme *simples.*

Un résumé de la communication qu'a faite M. Lockyer à la *Royal Society,* le 12 décembre 1878, se trouve dans le *Chemical News,* n^os^ du 10 et du 17 janvier 1879.

On sait que M. N. Lockyer est occupé depuis quatre à cinq ans à dresser une carte du spectre scolaire, tout à fait détaillée ; le dessin de ce spectre doit occuper une centaine de mètres de longueur. Pour ce travail, plus de 100000 observations ont dû être faites pour comparer les raies produites par des métaux volatilisés dans l'arc voltaïque avec les raies de Frauenhöfer, pour comparer les raies de divers métaux et aussi pour la recherche des raies longues et des raies courtes; plus de 2000 photographies ont été prises pour fixer d'une manière certaine et permanente les résultats les plus importants de ces observations.

M. Dewalque établit d'abord la distinction entre les raies longues et les raies courtes : quand on observe le spectre d'un métal volatilisé dans l'arc voltaïque et qu'on éloigne la fente du spectroscope d'une des électrodes pour la mettre au milieu de l'arc voltaïque, on observe que certaines raies, d'abord visibles sur toute la hauteur du spectre, n'apparaissent plus qu'au bas et au haut de celui-ci, tandis que d'autres semblent permanentes; ces dernières sont les raies *longues* et les premières sont les raies *courtes.*

Les raies courtes observées là où le métal est le plus abondant et où la température est la plus élevée, viennent à disparaître, au milieu de l'arc, là où la température est plus basse et où la vapeur métallique est plus raréfiée.

Il résulterait de ce fait que dans l'observation du spectre solaire, on peut conclure à la présence d'un métal par la constatation des raies longues, même en l'absence des raies courtes.

Si à un métal donné on en ajoute un autre et que cet alliage serve à produire un arc voltaïque, on peut observer dans le spectre de cet alliage les raies longues du métal ajouté et ces

La section procède au renouvellement de son bureau.
Sont nommés :

Président,	MM. Fr. Dewalque.
Vice-Présidents,	A. Dumont. G. Bruylants.
Secrétaire,	A. Springael.

Troisième Section.

—

Jeudi, 31 janvier 1878. — M. L. Delgeur fait une communication sur les explorations de M. Stanley en Afrique, et apprécie les progrès qu'elles ont fait faire à la géographie.

Jeudi, 2 mai 1878. — M. de Lapparent présente à la section une note *Sur les théories relatives à la structure cristalline.*

La section nomme commissaires MM. de la Vallée Poussin et Renard.

(Voir cette note de M. de Lapparent, dans la seconde partie, p. 73. Voir aussi, pp. 247 et suiv., une réponse de M. Sohncke et une réplique de M. de Lapparent.)

M. le Mis de Wavrin fait une communication sur un Petrocinele bleu (*Petrocinela cyanea*), jeune mâle pris en Belgique à Olloy, fin septembre 1877.

C'est le premier spécimen que l'on ait vu dans notre pays, dit M. de Wavrin. On sait que l'habitat de cet oiseau est le midi de l'Europe. En octobre 1877 on a également pris au Kiel (Anvers) un bruant nain (*Emberiza pusilla*).

M. l'abbé Lecomte présente à la section quelques considérations sur les mésaventures subies récemment par le darwinisme.

Ainsi M. von Baer, dont Darwin avait invoqué les recherches

liser, mais les objections tirées de la grande difficulté d'obtenir à l'état de complète pureté les corps de fer, manganèse, cobalt, titanium, uranium, etc., soumis aux expériences, sont assez fortes pour qu'il soit permis d'attendre encore de nouveaux faits avant de rien changer aux idées actuelles sur la constitution des corps simples.

M. Louis Henry annonce qu'il se propose de faire à l'une des prochaines séances générales une lecture sur *la nature essentielle des éléments chimiques*. En attendant, il entretient la section de cette question si hautement intéressante d'ontologie chimique.

Les corps simples sont-ils véritablement des êtres distincts au fond, ou bien existe-t-il une matière unique dont ils représentent des modifications diverses ?

Selon M. L. Henry, la science fournit assez de données positives pour répondre affirmativement à cette dernière question, non d'une manière certaine, mais d'une manière vraisemblable.

Au milieu d'un grand nombre de faits qu'on pourrait invoquer, il signale particulièrement quelques faits généraux, notamment l'existence des familles naturelles parmi les corps simples, les rapports quelquefois étroits de ces familles entre elles et la localisation possible de certains éléments dans plusieurs familles distinctes; — le phénomène de l'allotropie dans les corps simples; — l'existence de certains groupements atomiques, doués d'une stabilité particulière, et se comportant comme des atomes simples proprement dits, l'analogie complète d'allures à établir sous divers rapports entre les corps regardés comme simples et les corps composés proprement dits, etc., etc.

Toutes ces données multiples se résument en fin de compte en deux faits incontestables :

a) Analogie des corps simples avec les corps composés.

b) Analogie des corps simples avec eux-mêmes.

Si les corps simples ne sont que des modifications d'une matière primordiale unique, quelle est celle-ci ?

A cette question, il n'y a, selon M. Henry, qu'à confesser notre ignorance; cette matière primordiale nous est totalement incon-

La section procède au renouvellement de son bureau.
Sont nommés :

Président,	MM. Fr. Dewalque.
Vice-Présidents,	A. Dumont. G. Bruylants.
Secrétaire,	A. Springael.

Troisième Section.

—

Jeudi, 31 janvier 1878. — M. L. Delgeur fait une communication sur les explorations de M. Stanley en Afrique, et apprécie les progrès qu'elles ont fait faire à la géographie.

Jeudi, 2 mai 1878. — M. de Lapparent présente à la section une note *Sur les théories relatives à la structure cristalline.*

La section nomme commissaires MM. de la Vallée Poussin et Renard.

(Voir cette note de M. de Lapparent, dans la seconde partie, p. 73. Voir aussi, pp. 247 et suiv., une réponse de M. Sohncke et une réplique de M. de Lapparent.)

M. le Mis de Wavrin fait une communication sur un Petrocincle bleu (*Petrocinela cyanea*), jeune mâle pris en Belgique à Olloy, fin septembre 1877.

C'est le premier spécimen que l'on ait vu dans notre pays, dit M. de Wavrin. On sait que l'habitat de cet oiseau est le midi de l'Europe. En octobre 1877 on a également pris au Kiel (Anvers) un bruant nain (*Emberiza pusilla*).

M. l'abbé Lecomte présente à la section quelques considérations sur les mésaventures subies récemment par le darwinisme.

Ainsi M. von Baer, dont Darwin avait invoqué les recherches

ryologiques comme une base essentielle à son système, ans un dernier ouvrage, répudié hautement les idées du raliste anglais. M. von Baer déclare que Darwin s'est tout à trompé en prétendant s'appuyer sur ses découvertes en em-ologie.

M. Émile de la Roche présente une hache en pierre polie ovenant de Spiennes; elle n'est pas en silex et s'écarte com-ètement du type ordinaire des haches trouvées au même idroit.

A ce propos M. Émile de Ville fait une communication sur les nstruments en pierre et en bronze qu'il a trouvés dans des tom-eaux à l'Équateur (ancien royaume de Quito).

Mercredi, 6 novembre 1878. — M. Delgeur communique à la section le résumé d'un travail qu'il a présenté à la Société de géographie d'Anvers, et dans lequel il a analysé le « Rapport de M. Baber » sur le voyage qu'a fait dans la Chine méridionale une commission désignée par le gouvernement britannique pour surveiller le procès des assassins de M. Margary. Ce rapport donne des renseignements très intéressants et peu connus sur la fin de la révolte des Musulmans et sur la mort de leur roi; il donne des détails curieux sur quelques individus d'une de ces nombreuses peuplades non chinoises qui habitent les provinces occidentales de l'empire; il montre comment la culture de l'opium s'étend de plus en plus en Chine; il cite des exemples de la corruption des mandarins, décrit l'état déplorable des routes tracées autrefois à grands frais et devenues aujourd'hui impraticables par suite de la négligence des employés du gouvernement; il parle des fameux ponts suspendus et de la malaria de la vallée de Salwen.

Il ajoute que le seul moyen possible pour entrer en Chine par le Midi est de remonter le cours des fleuves et non, comme les Anglais l'ont voulu faire jusqu'à présent, en les coupant transversalement de l'Ouest à l'Est. Quant à la construction d'un chemin de fer de Bhamo à Tali, il n'en nie pas absolument la

La section procède au renouvellement de son bureau.
Sont nommés :

Président,	MM. Fr. Dewalque.
Vice-Présidents,	A. Dumont. G. Bruylants.
Secrétaire,	A. Springael.

Troisième Section.

—

Jeudi, 31 janvier 1878. — M. L. Delgeur fait une communication sur les explorations de M. Stanley en Afrique, et apprécie les progrès qu'elles ont fait faire à la géographie.

Jeudi, 2 mai 1878. — M. de Lapparent présente à la section une note *Sur les théories relatives à la structure cristalline.*

La section nomme commissaires MM. de la Vallée Poussin et Renard.

(Voir cette note de M. de Lapparent, dans la seconde partie, p. 73. Voir aussi, pp. 247 et suiv., une réponse de M. Sohncke et une réplique de M. de Lapparent.)

M. le Mis de Wavrin fait une communication sur un Petrocinele bleu (*Petrocinela cyanea*), jeune mâle pris en Belgique à Olloy, fin septembre 1877.

C'est le premier spécimen que l'on ait vu dans notre pays, dit M. de Wavrin. On sait que l'habitat de cet oiseau est le midi de l'Europe. En octobre 1877 on a également pris au Kiel (Anvers) un bruant nain (*Emberiza pusilla*).

M. l'abbé Lecomte présente à la section quelques considérations sur les mésaventures subies récemment par le darwinisme.

Ainsi M. von Baer, dont Darwin avait invoqué les recherches

embryologiques comme une base essentielle à son système, a, dans un dernier ouvrage, répudié hautement les idées du naturaliste anglais. M. von Baer déclare que Darwin s'est tout à fait trompé en prétendant s'appuyer sur ses découvertes en embryologie.

M. Émile de la Roche présente une hache en pierre polie provenant de Spiennes; elle n'est pas en silex et s'écarte complètement du type ordinaire des haches trouvées au même endroit.

A ce propos M. Émile de Ville fait une communication sur les instruments en pierre et en bronze qu'il a trouvés dans des tombeaux à l'Équateur (ancien royaume de Quito).

Mercredi, 6 novembre 1878. — M. Delgeur communique à la section le résumé d'un travail qu'il a présenté à la Société de géographie d'Anvers, et dans lequel il a analysé le « Rapport de M. Baber » sur le voyage qu'a fait dans la Chine méridionale une commission désignée par le gouvernement britannique pour surveiller le procès des assassins de M. Margary. Ce rapport donne des renseignements très intéressants et peu connus sur la fin de la révolte des Musulmans et sur la mort de leur roi; il donne des détails curieux sur quelques individus d'une de ces nombreuses peuplades non chinoises qui habitent les provinces occidentales de l'empire; il montre comment la culture de l'opium s'étend de plus en plus en Chine; il cite des exemples de la corruption des mandarins, décrit l'état déplorable des routes tracées autrefois à grands frais et devenues aujourd'hui impraticables par suite de la négligence des employés du gouvernement; il parle des fameux ponts suspendus et de la malaria de la vallée de Salwen.

Il ajoute que le seul moyen possible pour entrer en Chine par le Midi est de remonter le cours des fleuves et non, comme les Anglais l'ont voulu faire jusqu'à présent, en les coupant transversalement de l'Ouest à l'Est. Quant à la construction d'un chemin de fer de Bhamo à Tali, il n'en nie pas absolument la

La section procède au renouvellement de son bureau.
Sont nommés :

Président,	MM. Fr. Dewalque.
Vice-Présidents,	A. Dumont. G. Bruylants.
Secrétaire,	A. Springael.

Troisième Section.

—

Jeudi, 31 janvier 1878. — M. L. Delgeur fait une communication sur les explorations de M. Stanley en Afrique, et apprécie les progrès qu'elles ont fait faire à la géographie.

Jeudi, 2 mai 1878. — M. de Lapparent présente à la section une note *Sur les théories relatives à la structure cristalline.*

La section nomme commissaires MM. de la Vallée Poussin et Renard.

(Voir cette note de M. de Lapparent, dans la seconde partie, p. 73. Voir aussi, pp. 247 et suiv., une réponse de M. Sohncke et une réplique de M. de Lapparent.)

M. le Mis de Wavrin fait une communication sur un Petrocinele bleu (*Petrocinela cyanea*), jeune mâle pris en Belgique à Olloy, fin septembre 1877.

C'est le premier spécimen que l'on ait vu dans notre pays, dit M. de Wavrin. On sait que l'habitat de cet oiseau est le midi de l'Europe. En octobre 1877 on a également pris au Kiel (Anvers) un bruant nain (*Emberiza pusilla*).

M. l'abbé Lecomte présente à la section quelques considérations sur les mésaventures subies récemment par le darwinisme.

Ainsi M. von Baer, dont Darwin avait invoqué les recherches

embryologiques comme une base essentielle à son système, a, dans un dernier ouvrage, répudié hautement les idées du naturaliste anglais. M. von Baer déclare que Darwin s'est tout à fait trompé en prétendant s'appuyer sur ses découvertes en embryologie.

M. Émile de la Roche présente une hache en pierre polie provenant de Spiennes; elle n'est pas en silex et s'écarte complètement du type ordinaire des haches trouvées au même endroit.

A ce propos M. Émile de Ville fait une communication sur les instruments en pierre et en bronze qu'il a trouvés dans des tombeaux à l'Équateur (ancien royaume de Quito).

Mercredi, 6 novembre 1878. — M. Delgeur communique à la section le résumé d'un travail qu'il a présenté à la Société de géographie d'Anvers, et dans lequel il a analysé le « Rapport de M. Baber » sur le voyage qu'a fait dans la Chine méridionale une commission désignée par le gouvernement britannique pour surveiller le procès des assassins de M. Margary. Ce rapport donne des renseignements très intéressants et peu connus sur la fin de la révolte des Musulmans et sur la mort de leur roi; il donne des détails curieux sur quelques individus d'une de ces nombreuses peuplades non chinoises qui habitent les provinces occidentales de l'empire; il montre comment la culture de l'opium s'étend de plus en plus en Chine; il cite des exemples de la corruption des mandarins, décrit l'état déplorable des routes tracées autrefois à grands frais et devenues aujourd'hui impraticables par suite de la négligence des employés du gouvernement; il parle des fameux ponts suspendus et de la malaria de la vallée de Salwen.

Il ajoute que le seul moyen possible pour entrer en Chine par le Midi est de remonter le cours des fleuves et non, comme les Anglais l'ont voulu faire jusqu'à présent, en les coupant transversalement de l'Ouest à l'Est. Quant à la construction d'un chemin de fer de Bhamo à Tali, il n'en nie pas absolument la

La section procède au renouvellement de son bureau.
Sont nommés :

Président,	MM. Fr. Dewalque.
Vice-Présidents,	A. Dumont. G. Bruylants.
Secrétaire,	A. Springael.

Troisième Section.

—

Jeudi, 31 janvier 1878. — M. L. Delgeur fait une communication sur les explorations de M. Stanley en Afrique, et apprécie les progrès qu'elles ont fait faire à la géographie.

Jeudi, 2 mai 1878. — M. de Lapparent présente à la section une note *Sur les théories relatives à la structure cristalline.*

La section nomme commissaires MM. de la Vallée Poussin et Renard.

(Voir cette note de M. de Lapparent, dans la seconde partie, p. 73. Voir aussi, pp. 247 et suiv., une réponse de M. Sohncke et une réplique de M. de Lapparent.)

M. le Mis de Wavrin fait une communication sur un Petrocinele bleu (*Petrocinela cyanea*), jeune mâle pris en Belgique à Olloy, fin septembre 1877.

C'est le premier spécimen que l'on ait vu dans notre pays, dit M. de Wavrin. On sait que l'habitat de cet oiseau est le midi de l'Europe. En octobre 1877 on a également pris au Kiel (Anvers) un bruant nain (*Emberiza pusilla*).

M. l'abbé Lecomte présente à la section quelques considérations sur les mésaventures subies récemment par le darwinisme.

Ainsi M. von Baer, dont Darwin avait invoqué les recherches

embryologiques comme une base essentielle à son système, a, dans un dernier ouvrage, répudié hautement les idées du naturaliste anglais. M. von Baer déclare que Darwin s'est tout à fait trompé en prétendant s'appuyer sur ses découvertes en embryologie.

M. Émile de la Roche présente une hache en pierre polie provenant de Spiennes; elle n'est pas en silex et s'écarte complètement du type ordinaire des haches trouvées au même endroit.

A ce propos M. Émile de Ville fait une communication sur les instruments en pierre et en bronze qu'il a trouvés dans des tombeaux à l'Équateur (ancien royaume de Quito).

Mercredi, 6 novembre 1878. — M. Delgeur communique à la section le résumé d'un travail qu'il a présenté à la Société de géographie d'Anvers, et dans lequel il a analysé le « Rapport de M. Baber » sur le voyage qu'a fait dans la Chine méridionale une commission désignée par le gouvernement britannique pour surveiller le procès des assassins de M. Margary. Ce rapport donne des renseignements très intéressants et peu connus sur la fin de la révolte des Musulmans et sur la mort de leur roi; il donne des détails curieux sur quelques individus d'une de ces nombreuses peuplades non chinoises qui habitent les provinces occidentales de l'empire; il montre comment la culture de l'opium s'étend de plus en plus en Chine; il cite des exemples de la corruption des mandarins, décrit l'état déplorable des routes tracées autrefois à grands frais et devenues aujourd'hui impraticables par suite de la négligence des employés du gouvernement; il parle des fameux ponts suspendus et de la malaria de la vallée de Salwen.

Il ajoute que le seul moyen possible pour entrer en Chine par le Midi est de remonter le cours des fleuves et non, comme les Anglais l'ont voulu faire jusqu'à présent, en les coupant transversalement de l'Ouest à l'Est. Quant à la construction d'un chemin de fer de Bhamo à Tali, il n'en nie pas absolument la

La section procède au renouvellement de son bureau.
Sont nommés :

Président,	MM. Fr. Dewalque.
Vice-Présidents,	A. Dumont. G. Bruylants.
Secrétaire,	A. Springael.

Troisième Section.

—

Jeudi, 31 janvier 1878. — M. L. Delgeur fait une communication sur les explorations de M. Stanley en Afrique, et apprécie les progrès qu'elles ont fait faire à la géographie.

Jeudi, 2 mai 1878. — M. de Lapparent présente à la section une note *Sur les théories relatives à la structure cristalline.*

La section nomme commissaires MM. de la Vallée Poussin et Renard.

(Voir cette note de M. de Lapparent, dans la seconde partie, p. 73. Voir aussi, pp. 247 et suiv., une réponse de M. Sohncke et une réplique de M. de Lapparent.)

M. le Mis de Wavrin fait une communication sur un Petrocinele bleu (*Petrocinela cyanea*), jeune mâle pris en Belgique à Olloy, fin septembre 1877.

C'est le premier spécimen que l'on ait vu dans notre pays, dit M. de Wavrin. On sait que l'habitat de cet oiseau est le midi de l'Europe. En octobre 1877 on a également pris au Kiel (Anvers) un bruant nain (*Emberiza pusilla*).

M. l'abbé Lecomte présente à la section quelques considérations sur les mésaventures subies récemment par le darwinisme.

Ainsi M. von Baer, dont Darwin avait invoqué les recherches

embryologiques comme une base essentielle à son système, a, dans un dernier ouvrage, répudié hautement les idées du naturaliste anglais. M. von Baer déclare que Darwin s'est tout à fait trompé en prétendant s'appuyer sur ses découvertes en embryologie.

M. Émile de la Roche présente une hache en pierre polie provenant de Spiennes; elle n'est pas en silex et s'écarte complètement du type ordinaire des haches trouvées au même endroit.

A ce propos M. Émile de Ville fait une communication sur les instruments en pierre et en bronze qu'il a trouvés dans des tombeaux à l'Équateur (ancien royaume de Quito).

Mercredi, 6 novembre 1878. — M. Delgeur communique à la section le résumé d'un travail qu'il a présenté à la Société de géographie d'Anvers, et dans lequel il a analysé le « Rapport de M. Baber » sur le voyage qu'a fait dans la Chine méridionale une commission désignée par le gouvernement britannique pour surveiller le procès des assassins de M. Margary. Ce rapport donne des renseignements très intéressants et peu connus sur la fin de la révolte des Musulmans et sur la mort de leur roi; il donne des détails curieux sur quelques individus d'une de ces nombreuses peuplades non chinoises qui habitent les provinces occidentales de l'empire; il montre comment la culture de l'opium s'étend de plus en plus en Chine; il cite des exemples de la corruption des mandarins, décrit l'état déplorable des routes tracées autrefois à grands frais et devenues aujourd'hui impraticables par suite de la négligence des employés du gouvernement; il parle des fameux ponts suspendus et de la malaria de la vallée de Salwen.

Il ajoute que le seul moyen possible pour entrer en Chine par le Midi est de remonter le cours des fleuves et non, comme les Anglais l'ont voulu faire jusqu'à présent, en les coupant transversalement de l'Ouest à l'Est. Quant à la construction d'un chemin de fer de Bhamo à Tali, il n'en nie pas absolument la

à une profondeur de plus de 8 mètres, il a trouvé à Tyrinthe, dans la plaine d'Argos, quelques lames d'obsidienne ayant servi, à ce qu'il croit, de couteaux. Deux haches en serpentine, un petit nombre de pointes de flèche, des poids en diorite, et deux meules à main en trachyte.

Le fer aussi était connu à Mycènes, mais, sans doute, comme un métal précieux; on a déterré quelques couteaux et quelques clefs de ce métal. Mais la véritable date de ces objets parait incertaine à M. Schliemann.

On a trouvé aussi quelques petites lames de *bronze* et deux pointes de flèche, de même métal.

De ces trouvailles, le zélé chercheur a conclu que les murs de Tyrinthe (auxquels Pausanias donne déjà l'épithète impropre de *Cyplopéens*), datent de seize à vingt siècles avant l'ère chrétienne.

Mais pour ceux mêmes qui doutaient d'abord, il est incontestable que M. Schliemann a remis au jour, — à Hissarlik, par exemple,—les restes d'une cité détruite par le feu, à une époque indéterminée mais remontant à la plus haute antiquité; et que les objets recueillis par lui, s'ils ne sont pas les débris du trésor de Priam, n'en appartenaient pas moins à une civilisation antérieure aux époques historiques, qui cependant ne doit pas dépasser vingt siècles avant J.-C.

Enfin M. Rachon décrit un vol de sauterelles qu'il a observé, l'année dernière, en Palestine.

Le 11 mai 1878, j'ai joui au Mont-Carmel d'un spectacle dont je n'avais lu nulle part la description.

C'est au Jourdain, le 28 avril, que j'avais vu, pour la première fois, ces énormes sauterelles jaunes d'or, qui chaque année viennent de l'Arabie. Nous approchions des roseaux gigantesques qui bordent les rives du fleuve, quand, m'adressant à un de mes compagnons de voyage, je lui criai : « Voyez donc ces jolis oiseaux. » Le Frère Liévin de Hamme (près Louvain), l'auteur du *Guide-indicateur de la Terre-Sainte*, si connu et si apprécié des pèlerins, me répondit : « Tristes oiseaux, ce sont des sauterelles ! »

Quinze jours plus tard, nous allions de Nazareth au Carmel. Au delà de Séphoris, nous chevauchions sous une forêt d'oliviers en fleurs. Rien n'est beau dans ce pays comme les trois teintes si douces de cet arbre qui fait la richesse principale des indigènes. Et tout cela était menacé d'une destruction complète et imminente. Souvent les ravages causés par ces terribles insectes peuvent être comparés à ceux du feu (1), car la récolte est détruite parfois pour plusieurs années.

Encore quelques jours et ces magnifiques promesses allaient être entièrement détruites si le vent ne poussait les sauterelles à la mer ou si un refroidissement considérable de la température ne les faisait périr.

Nous arrivâmes enfin dans la plaine de Saint-Jean-d'Acre, sorte de prairie ou marais desséché. Nous mîmes plus d'une heure pour la traverser et arriver aux dunes ou collines de sable qui nous cachaient la vue de la mer et de la belle forêt de palmiers de Caïpha.

Or, cette vaste prairie était littéralement couverte d'une ou plusieurs couches de sauterelles serrées les unes contre les autres, de sorte que l'on ne pouvait plus apercevoir le sol, et elles étaient toutes tournées vers le vent.

Leur nombre était si grand que, ne trouvant pas de place pour se poser à terre, elles formaient de nombreux amas coniques, élevés au sommet de 40 à 60 centimètres et du diamètre ordinaire des roues de nos voitures d'Europe.

On dirait alors que l'on s'avance dans un lac d'or liquide, dont les eaux rejaillissent sous les pieds des chevaux et parfois jusque sur le cavalier.

Le lendemain matin, nous étions au Carmel, près du phare, jouissant de cette vue admirable, tant de fois décrite. Le soleil était splendide; il éclairait la belle mer bleue que le couvent surplombe de 200 mètres. Peu à peu des deux côtés du promontoire montèrent à la fois comme deux fleuves aériens qui, se réunis-

---

(1) Selon l'expression du prophète Joël : elles *brûlent* les campagnes comme un désert de désolation.

sant au-dessus du kiosque d'Abdallah, portaient leurs flots dorés vers la mer, où les poussait une bonne brise Est-Sud-Est.

Leurs colonnes, fort épaisses, produisaient une pénombre bien accentuée et fort appréciée, car le soleil était déjà bien chaud.

Ce nuage d'or se renouvelait sans cesse, formé par les ailes diaphanes comme une gaze, et brillantes comme un métal en fusion.

L'expression qui approche le plus de la vérité et caractérise le mieux ce spectacle, est celui d'un fleuve d'or à travers lequel on verrait le soleil.

Le phénomène a duré environ cinq heures. C'était un spectacle magnifique : Dieu sauvait une fois de plus les récoltes des pauvres habitants de ce beau pays et la beauté proverbiale de la montagne de Marie.

Le R. P. Renard communique les résultats des recherches faites avec M. de la Vallée Poussin sur « l'ottrélite. » Cette espèce minérale devrait, d'après ses propriétés cristallographiques et optiques, se ranger dans le système clinoédrique.

Elle se rattache au groupe des *phyllites cassantes*, qui vient d'être récemment établi par MM. Schermak et Sipöez.

M. de Lapparent donne quelques raisons à l'appui des conclusions du P. Renard.

Le P. Renard expose ensuite les caractères microscopiques distinctifs de la « dolomite » et de la « calcite » dans les roches qui contiennent ces deux éléments associés. La présence de lignes hémitropes dans les sections de calcite n'étant pas un caractère constant pour cette espèce minérale, il montre que ce qui distingue le calcaire, c'est de cristalliser en formant des plages à contours irréguliers, tandis que la dolomie affecte d'ordinaire la forme du rhomboèdre primitif. Comme cette forme cristalline ne se présente qu'avec une extrême rareté pour la calcite, on peut conclure que les sections de rhomboèdre dans les calcaires dolomitiques doivent se rapporter à la dolomie. Cette interprétation se confirme par l'analyse faite au moyen de l'objectif du microscope.

M. de Lapparent rend justice aux travaux du P. Renard; il dit qu'ils serviront à mieux établir les lois géologiques et à donner raison aux géologues, qui dès le principe ont vu juste et d'instinct sur les lois générales.

Le P. Renard fait connaître ensuite la marche à suivre pour isoler dans les lames, à l'aide d'acides fortement étendus, les rhomboèdres de dolomie des parties calcareuses qui se dissolvent tandis que les premiers restent intacts.

M. de Lapparent fait une communication relative aux terrains dits geysériens de Dumont. Il admet l'opinion exprimée l'an dernier par le P. Renard, que certains dépôts de sable auxquels on avait attribué une origine éruptive sont de nature sédimentaire.

Le P. Renard parle de l'iguanodon de Bernissart; il invite la section à se réunir le lendemain au Musée royal d'histoire naturelle, afin d'examiner ce spécimen des grandes races disparues.

La section décide d'accepter l'invitation. Elle se réunira au Musée.

Quatrième Section.

—

Jeudi, 31 janvier 1878. — M. le professeur Faucon de l'Université de Lille lit un mémoire important *Sur la mydriase et la paralysie de l'accommodation d'origine traumatique.*

On peut s'étonner à bon droit du peu de développement que les meilleurs auteurs ont accordé jusqu'ici à ce sujet. Il n'est même pas rare de le voir entièrement passé sous silence. M. Faucon a réuni de nombreuses observations et l'étude qu'il en a faite lui permet de poser les conclusions suivantes :

1° La mydriase et la paralysie de l'accommodation d'origine traumatique, méritent de prendre définitivement rang dans les descriptions classiques.

2° Elles peuvent se présenter isolément ou coïncider avec les autres symptômes de la paralysie de la troisième paire, avec des troubles visuels dus à des lésions intraoculaires, avec des accidents cérébraux.

3° Elles reconnaissent pour causes des traumatismes qui portent sur le crâne et l'encéphale, sur l'orbite et sur l'œil.

4° Les paralysies provoquées par des traumatismes du crâne ou de l'encéphale peuvent s'expliquer par des lésions du cerveau ou des méninges, des fractures des os de la base du crâne, des épanchements sanguins et séreux ou des abcès : mais de nouvelles observations ou expériences sont nécessaires pour donner à la pathologie de ces accidents une assise solide.

Les paralysies produites par des traumatismes de l'orbite et de l'œil se rapportent quelquefois à des lésions des membranes intraoculaires; lorsque ces lésions font défaut, il est impossible, dans l'état actuel de la science, d'expliquer la paralysie autrement que par une hypothèse : tout est à démontrer sur ce point.

On admet généralement une commotion ou un tiraillement des nerfs ciliaires.

5° Le diagnostic de cette affection est aujourd'hui des plus faciles, hormis des cas où elle s'accompagne d'accidents cérébraux qui empêchent un examen approprié. Il faut néanmoins se rappeler que la coïncidence d'un état amétropique de l'œil, et en particulier de l'hypermétropie dont l'existence peut être révélée soudainement par la paralysie traumatique de l'accommodation, peut en imposer pour un début d'amaurose ou d'amblyopie; on doit également la distinguer de la mydriase traumatique due au traumatisme de la moelle épinière.

6° Le pronostic se basera sur la cause productive, sur la lésion patente ou présumée, sur l'ancienneté de la maladie, et sur les complications intraoculaires ou intraorbitaires qui peuvent empêcher la récupération de la faculté visuelle et même amener une amaurose tardive : dans les cas simples, on peut espérer souvent la guérison qui sera complète ou incomplète; elle survient quelquefois peu de temps après l'accident, souvent au bout de plusieurs semaines et de plusieurs mois.

7° Le traitement curatif et palliatif repose spécialement sur l'emploi des myotiques, de l'électrisation par les courants continus faibles et des verres correcteurs.

M. le Dr B. Schmitz donne lecture d'un travail sur les topiques antiphlogistiques. Il essaie d'y exposer clairement et méthodiquement le mécanisme intime et complet de leur efficacité, et les indications précises de leur emploi.

Jeudi, 2 mai 1878. — Une intéressante discussion s'élève à propos de l'histoire de l'emphysème. M. le Dr Sénac-Lagrange soutient que cette affection a très fréquemment une origine arthritique. Les autres membres croient que cette origine est plus rare que ne le pense M. Sénac.

MM. Desplats et Willième sont d'accord pour attribuer l'emphysème des mineurs surtout à une cause mécanique.

M. Sénac admet que l'emphysème d'origine arthritique peut aboutir à la tuberculose en amenant l'anémie.

MM. Desplats et Willième, tout en admettant que l'emphysème peut exceptionnellement produire la tuberculose, croient que le plus souvent ces deux affections sont incompatibles.

Mardi, 22 avril 1879. — Le Dr Dumont traite la question des résidences d'hiver pour les tuberculeux. Le choix de ces résidences est souvent abandonné aux caprices du malade et peut-être de la mode, et dans ces conditions il peut présenter un réel danger. Que le malade appartienne à la classe bourgeoise ou à la classe riche, l'air est problablement ce qui, dans sa patrie, a le plus fait défaut au tuberculeux. En quittant un climat qui ne lui est point favorable, il doit chercher une résidence qui lui permette de vivre au grand air. Une règle impérieuse s'impose au tuberculeux : il doit partir à temps. La tuberculose aiguë ne sera modifiée par aucun climat; la tuberculose chronique, à accès fébriles, ne peut l'être que bien rarement. Ce sont donc ceux qui sont menacés de tuberculose ou dont la maladie est encore apyrétique qui doivent aller au loin chercher à détourner ou à enrayer leur mal. Jusqu'ici, comme

stations hivernales, la faveur a été accordée aux pays chauds, aux plages méditerranéennes de la France et de l'Afrique, et sans entrer dans le détail des indications particulières à chacune de ces stations, on peut dire qu'elles jouissent d'une vogue méritée. Qu'on se garde bien toutefois d'y séjourner quand la chaleur y devient un peu vive. Une température élevée provoque l'apparition des sueurs, de l'anorexie et de la diarrhée, trois dangers qui menacent toujours le tuberculeux et qui n'ont que trop de tendance à se manifester.

Depuis quelques années des stations de haute altitude et de température inférieure à celle des côtes de la Méditerranée ont donné des résultats dignes de fixer l'attention des médecins. On les avait considérées jusque-là comme des stations d'été; mais des faits bien observés et déjà nombreux ont démontré qu'elles peuvent parfaitement convenir à un séjour d'hiver. Citons l'Engadine Supérieure, Saint-Moritz, Davos, les hauts plateaux du Mexique. La tuberculose peut être regardée comme une maladie tout à fait étrangère à ces contrées. Si cette raison, à elle seule, n'est pas capable de déterminer notre choix, elle n'est cependant pas sans valeur. On ne peut en général y envoyer, comme d'ailleurs dans les autres stations, que des tuberculeux apyrétiques. Cependant on cite des cas de guérisons, obtenues à Saint-Moritz et à Davos, de tuberculoses très avancées et parvenues à la vraie période de phtisie.

A quoi sont dus de pareils résultats? Peut-être à la gymnastique respiratoire que déterminent ces lieux élevés. On est porté à croire, en effet, que la vie sédentaire, maintenant les lobes supérieurs du poumon dans une inertie relative, y a provoqué l'apparition des tubercules.

L'expérience d'un long séjour dans la république de l'Équateur permet à M. le professeur Domec, de l'Université de Lille, de confirmer les idées qui viennent d'être émises sur l'action bienfaisante des plateaux élevés.

D'après M. le professeur Verriest, de Louvain, l'action des lieux

élevés dans le traitement de la tuberculose n'est pas encore bien connue. Il est à souhaiter que la méthode graphique et le spirimètre viennent donner plus de précision aux modifications respiratoires chez le tuberculeux.

Le Dr Dumont communique ensuite l'observation d'un cas curieux d'affection cardiaque, presque entièrement guéri malgré la gravité des symptômes qui le caractérisaient : souffle rude dans toute la région précordiale, surtout à la pointe, au premier temps (insuffisance mitrale), œdème pulmonaire considérable avec rejet d'abondantes sérosités; infiltration des membres supérieurs et inférieurs parvenus au triple de leur volume normal, ascite abondante, état de sous-délire et de coma (stase cérébrale), plaies aux membres donnant issue à beaucoup de liquide, battements de cœur violents, irréguliers... De tous ces symptômes, il ne reste plus qu'un peu d'ascite, le souffle est presque insensible; les plaies se sont cicatrisées, les membres ont entièrement repris leur volume, l'appétit est excellent.

M. le professeur Eustache de Lille communique l'observation d'un cas de tétanos qui a résisté aux injections de morphine, 10-12 centigrammes par jour, et simultanément au chloral, 10 grammes. A l'autopsie aucune lésion appréciable des nerfs, même dans le voisinage de la plaie.

Cinquième Section.

—

Lundi, 21 avril 1879. — M. Focillon remercie la Société et spécialement la cinquième Section de l'invitation qui lui a été adressée. Il se propose d'exposer dans une série de conférences les magnifiques travaux de M. Le Play sur la science sociale et les résultats précieux qu'il a obtenus en appliquant à l'étude des sociétés la méthode féconde de l'analyse appuyée sur l'observation rigoureuse et scientifique des faits.

La situation actuelle de l'Europe présente deux caractères

dont le contraste est frappant : d'une part des succès brillants dans l'ordre matériel, succès qui ont modifié profondément toutes les conditions de la vie des peuples, bouleversé l'organisation du travail et établi entre des populations souvent fort différentes de brusques contacts; d'autre part des insuccès éclatants dans l'ordre moral pour améliorer le sort des classes inférieures. C'est là un mouvement parallèle et l'on peut dire que l'antagonisme social grandit avec le développement de la richesse matérielle. La principale cause de cette situation anormale et inouïe dans l'histoire est celle-ci : la plupart des contemporains, éblouis par les conquêtes de l'industrie et de la science, se sont imaginé que le sort des classes laborieuses allait être amélioré par suite d'une bonne distribution de toutes ces richesses acquises. Ils ont donc glorifié l'esprit de nouveauté et ont osé tenter sur le corps social des expériences audacieuses qui n'ont fait qu'aggraver le désordre. Il eût fallu tirer un meilleur parti des procédés et des méthodes scientifiques, rejeter dans l'étude des questions sociales toute idée préconçue en se bornant rigoureusement à l'observation des faits.

Cette observation, il est vrai, est compliquée. Si l'on n'étudie que les individus, il sera très difficile de saisir les véritables rapports des hommes entre eux. Il faut trouver un criterium pour savoir dans quels cas les rapports de la vie sociale sont bons ou mauvais; il faut étudier le véritable type, la véritable unité sociale. Cette unité, c'est la famille. Dans toute famille il y a un groupe de faits qui se prêtent parfaitement à l'observation impartiale et méthodique; mais celles qui représentent le mieux la population d'un pays, celles qui présentent le plus de traits communs et reflètent avec le plus de fidélité l'organisation sociale que l'on veut étudier, sont sans contredit les familles d'ouvriers. Voilà donc un champ d'observation solide, uniforme et assez complet.

De nombreuses objections ont été faites à la méthode d'observation et à l'étude comparée des peuples, basée sur la description minutieuse de leurs familles-types. Les peuples, a-t-on dit, ressemblent aux individus, ils ont comme eux une période de croissance, une période de maturité et une période de déclin.

Des peuples vieillis ne sauraient se rajeunir. Or, l'observation démontre que c'est là une erreur historique profonde. La vie d'une nation ne comprend pas une seule époque de progrès et une seule époque de décadence, mais toute une série de périodes alternativement heureuses et malheureuses, toute une suite d'oscillations qui prouvent bien la fausseté de l'analogie. On a prétendu ensuite qu'il n'y avait aucun profit à retirer de l'étude comparative des propriétés et des familles, chaque race ayant son tempérament et son génie particulier; ce qui est bon pour l'une peut ne rien valoir pour l'autre.

Mais ici encore l'histoire proteste en nous signalant chez les peuples qui veulent se réformer de nombreux faits d'imitation des coutumes et des institutions d'un peuple contemporain prospère. La plupart des législateurs célèbres ont voyagé chez les peuples voisins pour y étudier les traditions des familles et ont importé ensuite dans leur propre pays les coutumes qui leur paraissaient les plus fécondes pour le maintien de la paix sociale.

On a enfin opposé à la méthode le faux dogme du progrès providentiel et indéfini. L'humanité, a-t-on dit, marche sans cesse vers ce but, mais tantôt c'est un peuple qui avance, tantôt un autre. Toute chose nouvelle, par cela même qu'elle est nouvelle, est un progrès, ajoutait-on, et de là la haine et le dénigrement systématique de toutes les institutions du passé. Mais bien des peuples en décadence n'en sont sortis qu'en restaurant les traditions qui les avaient menés à l'époque de succès précédant leur décadence.

On peut donc étudier les faits sociaux par comparaison, rechercher quels ont été dans le passé et quels sont aujourd'hui les peuples qui possèdent la paix sociale et quels sont ceux qui l'ont perdue; rapprocher les faits sociaux qui caractérisent les diverses phases d'existence d'une même nation afin de dégager ce que ces faits ont de commun ou de différentiel, afin de déterminer certains *traits constants* qui reparaissent à chacune des périodes de prospérité ou de décadence et peuvent être considérés alors comme des indices certains et comme les causes mêmes du bonheur ou du malaise social.

Cette méthode d'analyse expérimentale appliquée sans relâche pendant un demi-siècle par M. Le Play et ses collaborateurs à l'étude des sociétés, a permis de formuler scientifiquement les conditions fondamentales de la stabilité et du progrès. Or ces conditions se trouvent implicitement contenues dans les préceptes du vieux Décalogue et la conclusion dernière de la science sociale est celle-ci : A toutes les époques de l'histoire, les peuples prospères ont enseigné la loi morale aux nouvelles générations et toujours le père de famille, soit directement, soit par ses mandataires, a seul été chargé de cet enseignement. Il est digne de remarque que cette autorité du père de famille est aussi la seule qui soit mentionnée dans le Décalogue.

Mardi, 22 avril 1879. — M. Focillon continue son exposition de la science sociale.

Chez les peuples prospères, tel que le peuple anglais, par exemple, la science sociale n'est pas codifiée, elle n'est pas écrite, mais ce qui vaut mieux, elle est pratiquée d'instinct. Toutefois, si la science sociale là où elle est formulée, est plutôt un indice de décadence, elle est utile à un peuple qui veut remonter la pente où il a glissé et retrouver la prospérité et la paix.

Comme elle est basée tout entière sur les monographies de familles d'ouvriers, il importait de tracer un cadre précis et méthodique pour ces monographies, et M. Le Play, après vingt-deux années de voyages et d'études, a pu établir un questionnaire vraiment complet et scientifique auquel les observations ultérieures n'ont dû apporter aucune modification.

La question qui se présentera tout d'abord à l'esprit des observateurs qui veulent appliquer la méthode des monographies est celle-ci : parmi les familles de la classe ouvrière quelle est celle qu'il convient de choisir comme type. En général, on choisira une famille originaire de la localité et réunissant à peu près des conditions moyennes; le choix de la profession n'est pas indifférent surtout dans les villes. Parmi les classes rurales il y a un type fondamental, le petit propriétaire agriculteur, se livrant à la culture de son domaine avec les seules ressources de sa famille

sans être obligé de travailler au dehors en qualité de salarié. Cette classe de paysans qui forme d'ailleurs le fond de la population porte le plus profondément l'empreinte du génie local.

Le type étant choisi, il s'agit de l'étudier et de l'observer de près. Mais peut-on s'introduire ainsi au foyer d'une famille : et les membres ne se refuseront-ils pas à donner les renseignements qu'on vient leur demander! Cette difficulté ne se présentera pas si l'on s'est fait introduire par une personne influente de la localité et surtout si l'on réussit à se faire des collaborateurs des membres de la famille en gagnant leur confiance; on peut faire aussi une foule d'observations directes ou en recueillir auprès de personnes bien placées pour connaître la famille.

L'interrogatoire de l'ouvrier et de la mère de famille est assez délicat au début. Ils se trouvent naturellement embarrassés et l'observateur doit s'efforcer de faire naître la confiance en leur faisant bien saisir le but de sa visite. Les classes laborieuses sont très sensibles à l'idée que l'on vient chercher auprès d'elles des renseignements destinés à résoudre les questions intéressant leur bien-être et elles comprennent parfaitement qu'elles doivent fournir ces renseignements dans leur propre intérêt et dans l'intérêt de la classe sociale dont elles font partie.

Cependant il est prudent de commencer l'interrogatoire par certaines questions auxquelles les ouvriers répondent plus volontiers, comme celles qui se rapportent à l'histoire de la famille, aux vicissitudes de la profession, etc.

Les ouvriers ont parfois de la peine à expliquer leurs idées d'une façon bien nette; malgré cela, il faut les laisser parler. On recueille souvent ainsi des détails sur le caractère et les habitudes des membres de la famille, détails qu'il serait très délicat de demander ouvertement. Il ne faut jamais non plus exprimer ses propres appréciations et il faut éviter d'écrire et de prendre des notes dès l'abord. On retient facilement les détails fournis par l'ouvrier dans ce premier entretien; à l'occasion d'une date on demande la permission de la noter et l'on finit bientôt par pouvoir tout écrire sans éveiller la moindre défiance.

Ces conversations sont de vrais repos pour l'ouvrier, mais il

convient évidemment de lui payer généreusement le temps qu'il y consacre. Après cette première journée on relit soigneusement les notes afin de bien se rendre compte des lacunes et des questions qu'il faudra poser pour les combler.

Dans un second entretien on abordera les détails de la vie intime et si déjà l'on a su conquérir la confiance du père de famille, on recueillera les renseignements sur le mode d'existence, les travaux et les salaires.

Les revenus de la famille comprennent le plus souvent plusieurs éléments. Outre le salaire personnel de l'ouvrier, il importe de tenir compte des petites industries domestiques exercées par la femme et les enfants, parce que le plus souvent c'est grâce à ces industries accessoires que la famille prospère et s'élève, et aussi d'une classe de salaires qui joue un grand rôle dans les campagnes, les salaires accordés en nature ou les subventions. Tels sont l'usage des biens communaux, la vaine pâture, etc.

Enfin beaucoup d'ouvriers sont propriétaires fonciers et jouissent ainsi de petits revenus qui s'ajoutent aux produits de leur travail. C'est même le cas général en Orient.

Dans plusieurs contrées aussi, les ouvriers jouissent à titre héréditaire de la maison et du champ de leurs ancêtres, mais ils ne peuvent ni les vendre, ni les hypothéquer, et cette salutaire restriction du droit de propriété est dans la pratique une des garanties souveraines, surtout pour des populations imprévoyantes.

Le troisième entretien peut être consacré au mode d'existence de la famille et à la manière dont elle emploie ses ressources. La mère de famille peut seule donner ici des détails précis sur les objets de consommation, l'habitation, le mobilier, etc., et il convient de l'interroger en l'absence de son mari.

On recueille ainsi tous les éléments du budget des dépenses et des recettes qui forme le document fondamental d'une monographie.

Mercredi, 23 août 1879. — M. Focillon continue sa communication des deux jours précédents.

Quand toutes les notes ont été coordonnées et complétées, il n'y a plus qu'à rédiger la monographie elle-même. Le style doit

être simple et exempt de toute espèce de passion et de recherche littéraire, tel qu'il convient à un document scientifique. Le titre de la monographie a une grande importance et doit indiquer nettement : 1° la profession de l'ouvrier; 2° la population ou la race traditionnelle à laquelle il appartient; 3° la nature de l'engagement qui lie l'ouvrier à son patron; 4° enfin la situation sociale et le rang qu'il occupe dans la hiérarchie de la classe ouvrière.

Il y a trois systèmes principaux d'engagements : le système des engagements forcés, le système des engagements permanents volontaires et le système des engagements momentanés.

La contrainte est absolument inutile quand la coutume est fortement établie, et que l'on n'abuse point des périodes de prospérité. Dans le second système, l'ouvrier vit chez son patron et y travaille de père en fils sous sa direction. De là résulte pour sa famille un sentiment de sécurité profonde; les engagements momentanés se rencontrent dans toutes les sociétés souffrantes : patrons et ouvriers n'y remplissent plus leurs devoirs.

Quant à la hiérarchie de la classe ouvrière, on peut y établir sept degrés ou échelons, en n'y comprenant pas les domestiques proprement dits qui dépendent de l'organisation de la famille plutôt que de l'organisation du travail.

1) La situation la plus modeste est celle des *ouvriers-domestiques* qui font partie du ménage du patron et travaillent pour son compte depuis leur entrée en apprentissage jusqu'à l'époque de leur mariage. Cette situation est très fréquente chez les races slaves.

2) Les *ouvriers journaliers* sont chefs de ménage, mais non propriétaires. Ils ont des salaires et des subventions, et sont rétribués à la journée.

3) Les *tâcherons* sont chefs de ménage non propriétaires, salariés ou subventionnés, mais leur travail est rétribué d'après la quantité fournie.

4) Les *ouvriers tenanciers* sont chefs de ménage non propriétaires, mais ils reçoivent souvent en location des immeubles et y exercent des industries. Cette situation est fréquente dans la vie rurale.

5) Les *ouvriers-chefs de métier* ont une situation analogue

aux précédents, seulement ils exploitent un métier. Exemple : les ouvriers tisserands.

6) Les *ouvriers propriétaires* possèdent une habitation ou une petite propriété sur laquelle ils peuvent travailler pour se procurer un complément de ressources.

7) Enfin, au sommet de la hiérarchie, les *propriétaires-ouvriers* dont l'occupation principale est l'exploitation de leurs propriétés, mais qui, à certains moments, travaillent à la journée ou à la tâche. Arrivés à ce dernier échelon, les ouvriers sont tout prêts à entrer dans la classe supérieure.

La monographie proprement dite étant rédigée, il faut alors, dans un dernier chapitre, remonter de la famille-type que l'on vient d'étudier aux constitutions sociales du pays. Certains faits sociaux, tel que le mode de répartition de la population entre les diverses professions, sont importants à noter et on peut les recueillir soit en s'adressant aux autorités sociales de la localité, soit en consultant les documents statistiques; mais le point essentiel qu'il faut élucider, c'est la situation de la classe inférieure par rapport à la classe supérieure.

Tout homme qui ne peut travailler que pour lui et sa famille appartient à la classe inférieure; au contraire, celui qui peut réserver une partie de son temps à la chose publique fait partie de la classe supérieure.

Or, dans toute société prospère, les classes supérieures mettent au service des classes inférieures cet excédant de travail, de capacité et de richesse. Si elles négligent ce devoir et s'isolent dans leur égoïsme, c'est le malaise, c'est le paupérisme qui sévit. L'ouvrier refuse la charité publique ou, s'il l'accepte, il n'en garde aucune reconnaissance, parce qu'il comprend d'une façon instinctive que dans toute bonne organisation sociale, ce sont les institutions mêmes et non pas la charité privée ou publique qui doivent lui venir en aide.

Jeudi, 24 avril 1879. — De nombreux membres appartenant à d'autres sections de la Société assistent à cette séance. Sur leur demande, M. Focillon résume les entretiens précédents.

ASSEMBLÉES GÉNÉRALES

I

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU JEUDI 31 JANVIER 1878.

M. le docteur E. Papillon, professeur à l'Université catholique de Lille, fait une conférence sur *Les dispensaires de charité et la policlinique au point de vue social.* Ce travail a été publié dans la *Revue des questions scientifiques*, avril 1878 (t. III, p. 400).

Le R. P. Renard S. J., conservateur au Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles, lit un travail sur *Les organismes microscopiques de l'Océan et leur action en Géologie.* Cette communication a paru, en avril 1878, dans la *Revue des questions scientifiques* (t. III, p. 508).

II

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU JEUDI 2 MAI 1878.

M. le docteur Desplats, professeur à l'Université catholique de Lille, traite la question *Des localisations cérébrales.* Cette conférence fait le sujet d'un article publié par l'auteur, en juillet 1878, dans la *Revue des questions scientifiques* (t. IV, p. 230).

M. A. Proost expose ensuite *L'Histoire de la doctrine de la restitution dans les deux règnes.* Cette étude a été publiée, en juillet 1878, dans la *Revue des questions scientifiques* (t. IV, p. 33).

III

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU MERCREDI 6 NOVEMBRE 1878.

M. Ph. Gilbert, professeur à l'Université catholique de Louvain, ouvre la séance par une communication sur *Les instruments arithmétiques à l'Exposition universelle de 1878.*

Le but de cette causerie est d'entretenir les membres de la Société, à propos de l'Exposition universelle de 1878, des procédés et appareils imaginés, soit pour faciliter, soit pour effectuer mécaniquement les calculs numériques, parfois si rebutants par leur longueur. L'orateur s'estimera heureux s'il peut provoquer, de la part de ses auditeurs, des observations qui compléteraient ce que son exposé aura de trop imparfait.

De tout temps on s'est attaché à abréger les opérations du calcul arithmétique et à diminuer les chances d'erreur qu'elles comportent. Tel était le but de l'*abaque* des Romains, des *cadrans à calcul* des Chinois, et notre système décimal de numération lui-même n'est qu'une combinaison ingénieuse tendant à simplifier les opérations arithmétiques. L'invention des logarithmes par Néper, en 1614, a été un grand pas dans ce sens. Enfin, divers appareils ont eu pour but de soulager l'opérateur en le dispensant des calculs de tête.

On peut citer, dans ce genre, les bâtons de Néper, modifiés à diverses époques, et la règle logarithmique de Gunther, perfectionnée plus tard par Wingate et Partridge, et qui est aujourd'hui entre les mains de tous les praticiens. L'orateur décrit brièvement cet instrument, modifié sous forme circulaire par divers constructeurs, entre autres par M. Boucher à l'Exposition de Paris. Il explique ensuite avec quelques détails la méthode de M. Genaille de Lyon, qui ramène l'addition à la juxtaposition de longueurs proportionnelles aux nombres, la multiplication à une opération rapide au moyen de colonnes calculées à l'avance, et qui peut rendre des services lorsqu'on s'y est convenablement exercé.

Si l'on passe ensuite aux machines à calculer proprement dites, celles dans lesquelles les opérations sont effectuées par un mécanisme qui ne demande à l'opérateur que de simples actes manuels, on trouve au début la machine de Pascal (1642) qui exécutait l'addition et la soustraction seulement, mais dont la fabrication était des plus imparfaites. On peut en dire autant de la machine plus compliquée pour laquelle on dit que Leibnitz dépensa 100,000 francs, et des essais plus ou moins heureux de Perrault, de Polenius, de Gorsten, de Péreire, de Matthieu Hahn, etc.

Au XIXe siècle, l'*additionneur* du Dr Roth, consistant en une série de cadrans à rochets que l'on fait tourner au moyen d'une pointe et dans lesquels le report des unités d'ordre supérieur s'effectue automatiquement, a joui de quelque vogue. La raison en est principalement que ces reports s'effectuent *successivement* et avec une grande facilité, au lieu de se faire simultanément comme dans certaines machines, ce qui exige un effort considérable.

La célèbre machine de Babbage, destinée à des opérations d'un ordre beaucoup plus élevé, telles que celles de l'analyse supérieure, est basée sur la *méthode des différences*. Lorsqu'une quantité variable ou *argument* croît successivement par accroissements égaux, une autre grandeur variable qui en dépend varie par accroissements qui, en général, sont inégaux; mais les différences de ces accroissements, ou les différences de ces différences, et ainsi de suite, peuvent être, à partir d'un certain ordre, regardées comme sensiblement constantes. C'est en reportant ces différences successives les unes sur les autres par un mécanisme ingénieux que la machine de Babbage permet de calculer des tables de fonctions assez compliquées. La machine de Babbage n'a pas été achevée, mais on voyait à Paris, en 1878, une machine du même genre, de MM. Scheutz de Stockholm, présentant un dernier perfectionnement en ce qu'elle imprimait d'elle-même les résultats du calcul sur une feuille de plomb.

M. Gilbert s'étend ensuite avec de longs détails sur l'*arithmomètre* de M. Thomas de Colmar, qu'il considère comme le plus

pratique des appareils à calculer. Son usage s'est, d'ailleurs, répandu dans les administrations où l'on a beaucoup de calculs numériques à effectuer.

C'est comme appareil à multiplications et divisions que l'arithmomètre peut être le mieux étudié, et l'on y doit distinguer trois choses : 1° Le mécanisme par lequel le multiplicande, inscrit par une série d'index A mobiles en face de colonnes renfermant les chiffres 0, 1, 2, ... 9, se trouve multiplié par un chiffre déterminé du multiplicateur et reporté dans une série de lucarnes C percées dans la plaque supérieure de l'instrument; 2° le mécanisme à l'aide duquel les unités d'un ordre supérieur qui peuvent naître dans cette opération, se trouvent reportées au rang qui leur convient, c'est-à-dire dans la lucarne *à gauche* de celle sur laquelle on opère; 3° la manière dont les produits partiels obtenus successivement sont classés au rang convenable et additionnés entre eux pour former le produit total.

La première opération est exécutée par une série de cylindres cannelés mus simultanément par l'opérateur, et engrenant avec des pignons en rapport avec les lucarnes C : l'inégalité de longueur des cannelures fait que, suivant la position du pignon qui est mobile le long de son axe et se déplace avec l'index A, un tour du cylindre fait marcher le pignon d'une dent, ou de deux, ou de trois, etc. L'opérateur doit faire autant de tours de la manivelle qu'il y a d'unités dans le chiffre du multiplicateur sur lequel il opère actuellement.

M. Gilbert décrit également et figure le mécanisme plus compliqué servant au report des unités, et la disposition extrêmement simple et ingénieuse à l'aide de laquelle les produits partiels sont classés et additionnés; puis le procédé également simple à l'aide duquel la multiplication est remplacée par une division; enfin, les derniers perfectionnements introduits dans la construction de l'arithmomètre.

L'orateur termine en présentant à l'auditoire un petit appareil de démonstration où se montre tout le mécanisme de l'arithmomètre et qu'il doit à l'obligeance de l'inventeur, et en faisant fonctionner un arithmomètre mis à la disposition de la Société par M. Sacré.

M. le docteur Mœller traite ensuite *Du Daltonisme,* principalement au point de vue des chemins de fer et de la marine. Des daltoniens sont soumis, sous les yeux de l'assemblée, à diverses épreuves. Le travail de M. le docteur Mœller a été publié, en avril 1879, dans la *Revue des questions scientifiques* (t. V, p. 450).

IV

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU JEUDI 7 NOVEMBRE 1878.

M. Ch. de la Vallée Poussin, professeur à l'Université catholique de Louvain, examine la question suivante : La géologie, en dehors de la simple description des terrains, a-t-elle une conclusion démontrée?

L'article intitulé *La certitude en géologie,* publié en janvier 1879 dans la *Revue des questions scientifiques,* reproduit cette conférence (t. V, p. 5).

M. l'abbé Boulangé expose *Les principes de l'hydrogéologie appliqués à la découverte des sources.* La *Revue des questions scientifiques* a publié ce travail sous ce titre *La Recherche des sources* dans son numéro de juillet 1879 (t. VI, p. 124).

V

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU JEUDI 30 JANVIER 1879.

Le R. P. Carbonnelle, secrétaire, donne lecture de la lettre pontificale de Léon XIII au président et aux membres de la Société scientifique. Cette pièce est publiée plus haut (p. 5). Sur sa proposition l'assemblée vote des remercîments à M. le sénateur de Cannart d'Hamale, qui a présenté au Souverain Pontife,

avec l'expression des sentiments et des vœux de la Société, les volumes publiés des *Annales* et de la *Revue*.

M. Chautard, doyen de la faculté des sciences de l'Université catholique de Lille, fait une conférence et de nombreuses expériences sur *Les spectres d'absorption des liquides colorés*.

Après avoir rappelé la définition du spectre lumineux, sa nature et sa propriété d'être continu ou discontinu, M. Chautard insiste particulièrement sur les spectres d'absorption dus à l'interposition d'un corps *coloré* sur le trajet d'un faisceau de lumière. Ce corps interposé, qu'il soit solide, liquide ou gazeux, laisse passer certaines radiations lumineuses qui correspondent à sa teinte, et il arrête les autres, donnant ainsi naissance à un spectre discontinu sillonné de bandes obscures, dont chacune occupe une position bien déterminée. Ces bandes obscures ont été appelées *bandes d'absorption* (1).

M. Chautard rend visibles par projection, à l'aide de la lanterne Duboscq éclairée à la lumière électrique, les spectres d'absorption les plus remarquables, entre autres ceux que présentent la matière colorante du sang, et la matière verte des végétaux. L'analyse spectrale de ce dernier principe, auquel on a donné le nom de *chlorophylle*, conduit à des résultats curieux dont la plupart sont des conquêtes de M. Chautard.

On obtient facilement une solution concentrée de chlorophylle en faisant macérer, à froid ou à une douce chaleur, des feuilles récemment recueillies et contusées avec le liquide qui doit servir de dissolvant. Cette dissolution, placée devant la fente d'un spectroscope et traversée par des rayons lumineux intenses, laisse apparaître de magnifiques bandes noires dont la position, le nombre, la largeur et l'intensité varient, dans des limites assez étendues, suivant la nature de la plante et sa classification végétale. Ces bandes subissent même, pour un végétal donné, l'in-

(1) Les spectres d'absorption et notamment ceux de la chlorophylle, ont été, de la part de M. Chautard, l'objet de savantes et laborieuses recherches. Voir *Les Spectres de la chlorophylle*, par J. Chautard. Nancy, 1875.

fluence de l'âge de la plante, du climat, de la température, de l'exposition, du sol, du dissolvant, de la source de lumière, de la concentration de la dissolution ou de l'épaisseur de la couche observée. Il y a plus encore; sous l'action isolée ou simultanée de la chaleur, de la lumière, des acides, des alcalis, etc., il se produit, au sein des dissolutions de chlorophylle, des altérations spontanées qui dénaturent singulièrement les spectres.

En face de ce grand nombre de causes étrangères qui concourent à modifier profondément les bandes d'absorption, on comprend combien le caractère spectroscopique de la chlorophylle serait vague et incertain si la réunion de toutes ces bandes était nécessaire pour préciser la substance. Heureusement, des expériences nombreuses et variées ont montré que la *première* de ces bandes, celle qui apparaît au milieu du rouge, constitue *à elle seule,* pour la chlorophylle pure ou altérée, un caractère d'une sensibilité extrême et d'une sûreté parfaite. On en jugera par les deux faits suivants.

1° Cette *raie spécifique* apparaît avec des contours nets, une position fixe et une permanence remarquable à travers une dissolution étendue à moins de $\frac{1}{10\,000}$.

2° Elle se dédouble sous l'action des alcalis. Ce dernier caractère la distingue des raies de tous les autres liquides organiques dont aucun ne jouit de cette propriété.

M. Chautard parle ensuite des spectres à bandes lumineuses. Il étale sous les yeux de l'assemblée les spectres de plusieurs gaz raréfiés, illuminés par l'étincelle, et ceux du zinc, du cuivre, du laiton, etc. Il termine par quelques considérations sur les spectres des étoiles.

VI

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU LUNDI 21 AVRIL 1879.

Le R. P. Carbonnelle, secrétaire de la Société scientifique, lit le rapport suivant :

MESSIEURS,

Je n'abuserai pas du privilège que le programme accorde au secrétaire de parler le premier à l'ouverture de cette session; je ne vous prendrai pas, pour exposer des faits connus, un temps que d'autres orateurs doivent occuper plus utilement et plus agréablement. Les progrès et les travaux de la Société, tel est le sujet qui m'est assigné. Or nos deux publications, *Annales* et *Revue*, vous mettent parfaitement en état d'apprécier ces progrès, et de mesurer la quantité de travail intellectuel que nous avons fournie. Il suffira pour donner à ce jugement toute la précision désirable de citer quelques chiffres et d'indiquer sommairement quelques faits.

Depuis la dernière grande session, nous avons reçu 127 membres nouveaux, dont 77 en Belgique et 50 à l'étranger. Malgré les vides, hélas! fort nombreux, que la mort et d'autres causes ont produits dans nos rangs, le total de notre liste est aujourd'hui de 702. Le dernier rapport n'accusait que 673. — Nous ne comptions alors que 124 membres étrangers; nous en avons actuellement 156.

Je ne crois pas être indiscret en signalant un fait que l'on peut découvrir aisément par la comparaison de ces chiffres. Les démissions ont été beaucoup plus nombreuses en Belgique qu'à l'étranger. C'est que, lors de la fondation de la Société, bien des témoins sympathiques de nos efforts, convaincus comme nous de l'importance de notre œuvre, se firent un devoir de la soutenir; et, sans vouloir se consacrer eux-mêmes aux études spéciales des

sciences que nous cultivons, voulurent du moins, par leur cotisation annuelle, nous aider à vaincre les difficultés d'un premier établissement. Aujourd'hui notre avenir leur semble assuré, tandis que d'autres entreprises naissantes, d'autres fondations utiles font à leur concours un appel plus pressant. Et certes, dans la situation actuelle du pays, il ne serait pas difficile d'en citer des exemples. Nous sommes ainsi naturellement exposés à perdre les éléments les moins scientifiques de nos listes. Une telle élimination doit sans doute avoir pour effet de rendre ces listes plus homogènes; mais il est bien évident qu'elle pourrait nous être préjudiciable en éclaircissant nos rangs. Heureusement, pendant qu'elle s'accomplissait, nos rangs continuaient à se consolider, grâce à l'accession d'éléments plus actifs, et, comme je viens de vous le dire, notre nombre aussi n'a cessé de s'accroître. Ce résultat, Messieurs, démontre une puissante vitalité.

Il y a, dans ces nouvelles adhésions, bien des noms qui nous honorent. Vous les reconnaîtrez sans peine quand le prochain volume des *Annales* vous en portera l'énumération. Puissent-ils adoucir vos regrets pour les pertes douloureuses que la mort nous a infligées. Depuis le dernier rapport, nous avons dû inscrire vingt noms sur la liste des membres décédés. Parmi eux, celui de l'illustre et infatigable P. Secchi, qui fut notre premier membre honoraire; celui du savant naturaliste Jean-Joseph Bianconi qui, après avoir honoré l'Université de Bologne par ses magnifiques travaux en géologie, en minéralogie, en zoologie, préféra renoncer à sa chaire de professeur, plutôt que de prêter un serment réprouvé par sa conscience; celui de l'abbé Wies à qui l'on doit la carte géologique du Grand-Duché de Luxembourg; ceux encore du Mis de Vibraye, correspondant de l'Institut et de son vieil ami, l'abbé Bourgeois, ce parfait modèle de probité scientifique, dont les recherches montrent bien que le savant catholique, absolument sûr de sa foi, n'est pas, comme le savant irréligieux, exposé à cacher ou à déguiser les faits embarrassants. Qu'il me soit permis de signaler spécialement à vos regrets deux noms belges : Barthélemy du Mortier, qui fut un de nos premiers

adhérents et peut-être notre doyen d'âge, membre de l'Académie royale de Belgique, dont la longue carrière, toute de dévouement, semble n'avoir jamais eu d'autre objet que de servir la science, la patrie et la religion; et, le plus jeune et le dernier frappé, Émile Ghysens, qui fut toujours un de nos membres les plus actifs, que tous, Messieurs, vous avez connu, et dont le caractère généreux et les rares talents nous promettaient un si brillant avenir. — Puissent le souvenir et les exemples de tant d'hommes distingués nous rappeler sans cesse ce que nous devons à notre noble entreprise, et ranimer toujours, au sein de notre Société, l'esprit scientifique et l'esprit religieux.

Pour bien établir que nous avons contribué, par nos travaux, à démontrer l'union parfaite de ces deux esprits, il faudrait peut-être analyser ici les deux grandes publications de la Société. Mais ces volumes sont entre vos mains, les analyser serait superflu. Je préfère vous donner, à leur sujet, un renseignement un peu matériel, mais qui a son importance, et que, vu l'étendue exceptionnelle (18 mois) de notre dernier exercice, il ne serait pas facile de découvrir dans le rapport de notre trésorier. La grande dépense qu'entraînent ces deux publications, est plus que couverte par notre revenu. Non seulement les cotisations des membres suffisent à payer l'impression et la distribution des *Annales*, avec les frais de sessions et de bureau, mais, depuis l'origine, la *Revue des questions scientifiques* se suffit largement à elle-même; elle n'a pas entamé nos ressources le moins du monde; les abonnements reçus couvrent et au delà tous les frais de rédaction, d'impression, d'expédition, etc. L'excédant est de plus de mille francs pour chacune des deux premières années; mais, je tiens à le déclarer, la générosité de nos écrivains est pour beaucoup dans ce résultat. J'ajoute que nous comptons aujourd'hui 978 abonnés, dont la moitié à l'étranger; et il nous en arrive encore presque tous les jours.

Mais le succès matériel ne suffit pas. Pouvons-nous admettre que cette revue répond au but pour lequel nous l'avons créée? Oui, Messieurs, nous le pouvons; car, amis et adversaires nous rendent tous ce témoignage, chacun à sa façon. Pour ne parler

ici que des amis, je pourrais vous citer les appréciations de plus de cinquante journaux publiés dans toutes les langues du monde civilisé; mais je me bornerai à vous rappeler le jugement récent d'un des meilleurs journaux catholiques de Rome, la *Voce della verità*. Je traduis littéralement :

« Grande est l'estime qu'a conquise en peu de temps parmi les savants cette *Revue*, où les questions les plus vitales de la science contemporaine sont traitées avec une grande profondeur par des hommes distingués, lesquels parfaitement informés de l'état actuel des connaissances humaines, ne croient pas que, pour rendre service à la vérité et à la bonne cause, il faille cacher ou tourner en ridicule ce que ces connaissances ont de bien fondé et que les hommes instruits admettent universellement. Tout en apportant dans l'exploration de la nature cette liberté que le Concile du Vatican a reconnue comme juste, ils mettent tous leurs soins, suivant les prescriptions du même saint Concile, à éviter ce qui répugne aux doctrines révélées, lesquelles jamais ne pourront se trouver en désaccord avec les vérités naturelles. Aussi cette sage institution, si bien faite pour notre époque, a mérité la protection du souverain pontife Pie IX de sainte mémoire, et vient encore d'être encouragée par son successeur. »

Cet encouragement récent du souverain pontife Léon XIII, vous le connaissez, Messieurs. Tous vous avez lu cette belle lettre pontificale, qui nous félicite pour notre noble dessein et pour les garanties inscrites dans nos statuts, qui nous rappelle la sage direction du Concile du Vatican, qui nous exhorte à ne pas nous écarter de la voie digne d'éloges où nous sommes entrés, qui enfin bénit notre entreprise et lui promet de nouveaux succès. Nous l'avons insérée en tête de la dernière livraison de la *Revue;* nous la publierons également en tête des *Annales;* car elle est une récompense dont nous avons le droit d'être fiers, et elle nous donne des conseils que nous acceptons avec reconnaissance. Nous voulons, en suivant toujours ces conseils, nous montrer toujours dignes de la récompense.

M. Armand Brifaut, trésorier, lit le rapport suivant :

MESSIEURS,

Conformément à l'article 13 des statuts, votre trésorier a l'honneur de vous présenter le compte détaillé des recettes et des dépenses de l'exercice écoulé. Par suite du changement introduit dans vos statuts, cet exercice comprend exceptionnellement une période de 18 mois.

RECETTES.

Encaisse au 12 octobre 1877 . . . . . fr.		11,813 72
Recouvrement de créances diverses		59 90
1 part de fondateur.		500 00
1 rachat perpétuel		150 00
777 cotisations (années 1876, 1877 et 1878), surtaxes postales comprises		11,668 00
Vente de publications.		270 20
Revue des questions scientifiques :		
a) 1257 abonnements (années 1877 et 1878) à 15 francs et plus, surtaxes postales comprises . . . . . fr.	22,215 20	
b) Renonciations d'honoraires d'auteurs	2,104 00	
		24,319 20
Subsides de l'État . . . . . fr.		1,000 00
Dons divers		238 50
Intérêts en banque (trois semestres)		583 86
Encaissement des coupons du portefeuille (trois semestres)		1,174 50
Fr.		51,777 88

·férence (publiée dans la se-
·ne *et les marchés euro-*

·79.

·· à l'Université
·nie à l'Université
·ce sur « Gabriel
·ublique de l'Équa-

·ion, qui expose des
·a paru plus utile d'en
·qui, à ce point de vue,

·ıre ainsi en matière :
·ut ce que Garcia Moreno
·t la prospérité de son pays :
·qu'on écrira sans doute dans
·nais nous nous bornerons ici
·ıres qu'il crut devoir prendre
·· l'enseignement.
·. Garcia Moreno avait passé quel-
·tait livré à de sérieuses études lit-
·onnaissait à fond notre langue : il
·anisation de notre enseignement : il
·ressources dont notre capitale dispose
·que tout ne soit pas parfait chez nous,
·ver un affligeant contraste entre l'orga-
·udier et celle qu'il avait sous les yeux.
·· l'explique aisément quand on a lu l'his-
·américaines et qu'on connait les péripéties
·ser pour conquérir une indépendance dont
·· déjà les funestes résultats. Faites la part,

sentation établi par le jury. A cet égard, veuillez nous permettre de vous citer textuellement les paroles que nous avons recueillies de la bouche de l'un des successeurs de Garcia Moreno. Comme nous lui faisions observer que le concours nous paraissait être le meilleur mode de nomination du corps enseignant, « je me » garderais bien, nous répondit-il, d'instituer le concours, il » pourrait ainsi se faire qu'il y eût parmi les professeurs des » personnes hostiles à ma politique; or, ce que je veux avant tout, » c'est que tous mes employés soient mes amis. » Les conditions dans lesquelles s'exerçait le professorat étaient des plus défavorables; les appointements que recevait le professeur étaient loin de pouvoir couvrir les frais de son entretien, et il lui fallait chercher le supplément soit dans la clientèle, soit dans l'agriculture. Un très petit nombre d'ouvrages ou plutôt de manuels faisaient tous les frais de son érudition. La Faculté ne possédait pas de bibliothèque : les appareils, les instruments, en un mot, tous les moyens de démonstration faisaient également défaut. L'étude de l'anatomie se faisait sans dissections; les leçons sur cette partie comme sur les autres, consistaient en une simple récitation de l'auteur classique *imposé* à l'élève. C'est sur ce même auteur que le maître préparait ses leçons. La fin du manuel était donc la fin de la science et pour les élèves et pour les professeurs.

» La clinique n'existait que de nom : les services d'hôpital étaient faits par des médecins qui n'appartenaient généralement pas à la Faculté. Leur mode de recrutement, comme celui des professeurs, était exclusivement soumis aux caprices du pouvoir: chaque fluctuation politique les renouvelait en entier ou en partie... »

M. Domec entre ici dans quelques détails sur la façon dont se faisait le service médical des hôpitaux à Quito.

« Les examens ne pouvaient que se ressentir d'une telle direction donnée à l'enseignement : toutes les questions roulaient sur des généralités ou sur des descriptions purement théoriques. Les examen d'hôpital ne méritaient guère le nom d'*examens pratiques* sous lequel ils étaient désignés. On devine sans peine ce que pouvait être un examen clinique passé par des étudiants

qui n'avaient appris à utiliser aucun des moyens de diagnostic que nous possédons.

» La Faculté de Cuenca était plus faible encore que celle de Quito... »

Après quelques détails sur l'état des écoles de filles, M. Domec continue :

« Épris, comme il l'était, d'une sainte passion pour les progrès de sa patrie et s'inspirant des impressions de son voyage en France, Garcia Moreno ne recula devant aucun sacrifice pour remédier à une aussi déplorable situation.

» L'*enseignement primaire* fut d'abord l'objet de toute son attention. Il fallait, à tout prix, multiplier les écoles et les confier à des maîtres instruits, dévoués, charitables, patients, mesurant leurs efforts à la difficulté de leur tâche. Où les trouver ces maîtres si parfaits? Garcia Moreno les trouva parmi nos Frères des Écoles chrétiennes. Il les trouva parmi nos Sœurs de charité. Ni les dépenses que devait occasionner un aussi long voyage, ni les frais d'installation et d'entretien, rien ne l'arrêta : il les demanda en grand nombre et il les obtint. Or dire qu'il les obtint, c'est dire qu'il obtint les résultats désirés.

» Un vaste asile s'ouvrit sous la direction des Sœurs de Saint-Vincent-de-Paul et il ne tarda pas à rendre les plus grands services. Bientôt les enfants des deux sexes y étaient nombreux, bien élevés, bien entretenus et aussi instruits que le comportait leur âge.

» De même, pour les Frères d'immenses installations furent achetées, d'abord à Quito, puis à Cuenca, Latacunga, Guayaquil, Guaranda, Loja, Ibarra, etc., et l'on vit les enfants venir, par centaines, demander à nos bons religieux leur pain intellectuel et moral : ils se présentaient incultes et négligés, mal vêtus, dénués de toute ressource. N'importe! on les recevait à bras ouverts et on les transformait, dans l'espace de quelques jours, en des enfants d'aspect civilisé. Parmi les élèves ainsi formés, il s'en trouva bientôt plusieurs, susceptibles de devenir des maîtres, ce qui permit d'augmenter le nombre des élèves et de fonder de nouvelles écoles.

» Restait la partie orientale de la République, la province du Napo. Des pères Jésuites, depuis longtemps impatients de porter de nouveau le flambeau de la foi dans ces contrées sauvages, trouvèrent en Garcia Moreno un efficace appui qui leur permit de venir à bout de leur apostolique entreprise : toutes les difficultés furent ainsi vaincues et l'on put faire entendre la parole divine à ces infortunés. Ce fut là l'origine, le noyau d'un enseignement primaire qui ne tarda pas à s'organiser sous ce ciel brûlant; de nouveaux missionnaires se joignirent aux premiers et les meilleurs résultats venaient chaque jour couronner leurs efforts.

» Les réformes de l'*enseignement secondaire* suivirent de près celles que nous venons de vous signaler et, à cet égard encore, on vit l'infatigable régénérateur s'adresser aux ordres religieux européens. Dès son arrivée au pouvoir il avait rappelé les Jésuites, et quelques années plus tard il demandait aussi les Lazaristes. Plusieurs pères de ces deux ordres, les uns français, les autres allemands, furent chargés d'organiser à Quito l'enseignement secondaire. Deux collèges naquirent de cette prompte organisation, l'un, celui des Jésuites, sur lequel la reconnaissance avait mis le nom de collège St-Gabriel, l'autre, celui des Lazaristes, désigné sous le nom de Petit-Séminaire. Dès ce moment les études littéraires et scientifiques s'élevèrent à Quito, à la hauteur de celles que l'on fait en Europe, et l'on prévoyait un avenir prochain, où de nombreux jeunes gens sortiraient de ces deux établissements avec une solide et profonde instruction.

» L'*enseignement supérieur* ne devait pas non plus échapper à la bienfaisante sollicitude de Garcia Moreno. Mais ici les difficultés à vaincre étaient encore bien plus grandes et le chiffre des dépenses à faire bien plus élevé. Il s'agissait de trouver non seulement des savants capables de transmettre leur science, mais encore tout un appareil instrumental indispensable aux démonstrations pratiques. Or, même en Europe, les savants sont rares; ils ne s'expatrient pas facilement : mille circonstances, principalement des circonstances de famille, les retiennent. Et puis le voyage était si long, si pénible, on pourrait même ajouter si dan-

gereux! En outre, la fréquence des révolutions dans les Républiques sud-américaines et l'instabilité de leurs gouvernements n'étaient que trop connues.

» Comment Garcia Moreno allait-il triompher de tant d'obstacles? Il en triompha en s'adressant à une classe spéciale de savants, à des savants dont le dévouement, inspiré par la foi, ne connaît pas de limites; à des savants qui, faisant abstraction de toute considération purement humaine, n'hésitent jamais à se mettre en marche quand il s'agit de remplir un devoir ou de faire le bien; à des savants enfin qui ont le monde entier pour patrie et tous leurs semblables pour famille. Nous avons nommé, Messieurs, les savants de la Compagnie de Jésus.

» Oui, c'est encore à la docte Compagnie que Garcia Moreno demanda des chimistes, des physiciens, des naturalistes, des mathématiciens. Il eut, paraît-il, quelque peine à les conquérir, mais enfin il les conquit et les conquit aussi profondément instruits qu'infatigablement zélés : ils étaient tous d'origine allemande.

» De larges crédits furent ouverts pour acheter en Europe et faire parvenir à Quito les appareils et les instruments qu'ils jugeraient nécessaires à leur enseignement. Il me suffira, pour vous donner une idée de l'étendue qu'il fallut donner à ces crédits, de vous dire qu'ils devaient couvrir les frais occasionnés par l'installation complète d'un laboratoire de physique, d'un laboratoire de chimie et d'un cabinet de collections d'histoire naturelle. Tout fut promptement exécuté et l'on vit bientôt se former à Quito, sous le nom d'École polytechnique, un centre d'enseignement qui pouvait, nous ne craignons pas de l'affirmer, dignement soutenir la comparaison avec nos meilleures facultés des sciences. Nous avons maintes fois visité cette École; nous en avons minutieusement examiné les divers laboratoires; nous avons assisté aux épreuves scientifiques que les élèves y subissaient; et chaque fois, nous sommes sorti plein d'admiration pour ce foyer scientifique, l'un des premiers, le premier peut-être de l'Amérique méridionale...

» Garcia Moreno avait fondé, sur l'École polytechnique, les

plus grandes espérances pour l'avenir de son pays ; il suffisait, pour s'en convaincre, de voir avec quel intérêt il en surveillait la marche et les progrès et avec quelle assiduité il assistait aux examens publics qui, chaque année, attiraient l'élité de la société quiténienne. Il interrogeait lui-même les élèves, principalement sur la chimie qu'il avait tout spécialement étudiée à Paris; l'enthousiasme pour cette science atteignait, chez lui, la forme d'un véritable culte.

» Concurremment avec l'École polytechnique s'organisait une autre œuvre gigantesque que Garcia Moreno avait confiée à l'un des professeurs de cette école. Il se construisait, à grands frais, un magnifique observatoire destiné à l'enseignement et aux observations astronomiques. S'autorisant des déclarations faites par de savants voyageurs au sujet des services qu'un observatoire à Quito pourrait rendre à la science astronomique, l'éminent chef d'État n'hésita pas à s'imposer ce nouveau sacrifice; de nouveaux crédits illimités furent ouverts pour la construction de l'édifice et l'achat des instruments.

» Tout était déjà disposé pour l'inauguration du nouvel enseignement : l'édifice était monumental et les instruments prêts à y être installés. C'était bien là une œuvre de Garcia Moreno, et cependant quelques mois plus tard, le buste de son successeur s'y offrait aux regards d'une population surprise et indignée.

» Le niveau des connaissances scientifiques s'élevait chaque jour de plus en plus parmi les élèves de l'École polytechnique et il y avait déjà lieu d'instituer pour eux des examens correspondant à nos examens de licencié, de docteur, d'ingénieur, etc...

» En sortant des savantes conférences qui leur étaient faites par les professeurs de l'École polytechnique sur les sciences dites accessoires, les élèves en médecine ne pouvaient éprouver beaucoup d'enthousiasme pour les simples récitations qui constituaient encore tout l'enseignement de la faculté médicale.

» Garcia Moreno ne devait pas laisser longtemps subsister un si choquant contraste. Dès l'année 1872, il fit demander en France, par la voie des journaux, un professeur de chirurgie et un professeur d'anatomie qui seraient chargés d'organiser l'en-

seignement de ces deux parties des connaissances médicales. L'année suivante le docteur E. Gayraud, professeur-agrégé de la Faculté de Montpellier, partait pour l'Équateur comme professeur de clinique chirurgicale, et quelques mois plus tard, celui qui a l'honneur de vous parler se rendait à la même destination comme professeur d'anatomie.

» Il s'agissait, non d'améliorer, mais bien de créer la Faculté de médecine de Quito qui, en réalité n'existait pas. L'œuvre n'était rien moins que facile. Indépendamment d'énormes dépenses, il y avait à compter avec une série d'obstacles suscités par la jalousie, l'indifférence ou la routine. Il fallait un local, il fallait un corps enseignant, il fallait organiser un enseignement *pratique* d'anatomie, de physiologie, de pathologie, d'obstétrique. On n'installe pas une Faculté de médecine avec la même facilité qu'une Faculté des lettres ou une Faculté des sciences.

» Garcia Moreno voulait une réforme complète : aussi avait-il donné à M. Gayraud, le titre de doyen avec pleine autorité pour lui proposer toutes les mesures qu'il jugerait convenables et lui présenter un plan d'études comme il l'entendrait. L'essentiel se trouvait à Quito. Il y avait un hôpital où l'on voyait flotter les blanches cornettes des Sœurs de Saint-Vincent-de-Paul et dont les ressources cliniques étaient très suffisantes pour une Faculté: la population moyenne était de trois cents malades et les cas pathologiques y étaient des plus variés. Il était une autre circonstance qui pouvait singulièrement favoriser l'enseignement; nous faisons allusion à la facilité avec laquelle on arrivait à disposer, pour les études anatomo-pathologiques, de la plupart des sujets morts à l'hôpital...

» Il y avait encore, à Quito, un hospice divisé en deux parties : dans l'une se trouvaient des aliénés, dans l'autre des lépreux ; les uns et les autres auraient pu, auraient dû servir à l'enseignement clinique, mais il eût fallu, pour l'obtenir, énergiquement lutter contre une opinion généralement accréditée dans le pays, à savoir que les fous ne sont pas des malades et que les lépreux ne doivent pas être soignés parce que leur mal est contagieux. Nous ne pouvons nous empêcher de signaler la

triste impression que nous avons rapportée de quelques visites faites à ces malheureux; mal couchés, mal nourris, presque nus, vivant ou plutôt mourant lentement dans d'immondes réduits. Nous avons, dans un autre travail, exposé notre manière de voir sur la contagiosité de la lèpre et montré que cette contagiosité, fût-elle tout à fait manifeste, ne pourrait justifier l'abandon des malheureux qui en sont atteints. Quant aux aliénés, il serait surperflu de démontrer qu'ils rentrent dans le domaine médical : bien des fois déjà cette cause a été victorieusement plaidée. Les Sœurs de Saint-Vincent-de-Paul avaient cependant sollicité la faveur de prodiguer leurs soins à ces malheureux parias. Garcia Moreno s'était occupé de faire disparaître de tels préjugés et il y serait certainement parvenu, si ses assassins lui en eussent laissé le temps.

» En appelant deux médecins étrangers pour organiser l'enseignement de l'anatomie et de la chirurgie, Garcia Moreno avait eu soin, comme il l'avait fait pour les professeurs de l'École polytechnique, de les autoriser à faire tous les achats qui seraient jugés nécessaires à l'organisation *pratique* de ces deux parties de l'enseignement. Il serait beaucoup trop long de vous énumérer tous les objets que comportait une pareille destination. Livres, atlas, squelettes, mannequins, appareils et instruments d'amphithéâtre, appareils et instruments de chirurgie, tout ce que nos Facultés européennes mettent tant d'années à obtenir et même des choses dont elles sont obligées de se passer faute de fonds suffisants, tout cela, Garcia Moreno le faisait acheter d'un seul coup, nous pourrions dire, en un seul jour.

» En possession de tous ces éléments, nous n'eûmes, M. Gayraud et moi, aucune difficulté à organiser un enseignement complet et pratique d'anatomie et de clinique chirurgicale. Injections, dissections, autopsie, exercices de médecine opératoire, applications cliniques de tous les moyens dont le diagnostic et le traitement chirurgicaux se sont enrichis dans ces dernières années, tout fut mis à contribution.

» Après l'anatomie et la chirurgie ce fut le tour des autres branches de l'enseignement médical. Garcia Moreno demanda

au nouveau doyen un plan d'études en rapport avec l'état actuel de nos connaissances : il fallait, bien entendu, tout en tenant compte des nécessités de l'enseignement, avoir aussi égard aux ressources pécuniaires du pays et au nombre d'élèves sur lequel on pouvait compter.

» M. Gayraud proposait la nomination de sept professeurs qui seraient obligés de faire des leçons orales, au lieu de leçons de récitation et d'y joindre les démonstrations pratiques afférentes au sujet de leur enseignement. Les honoraires seraient doublés et le mode de nomination serait le même que celui qui existe actuellement dans nos Facultés de l'État. Il y aurait, en outre sept professeurs-agrégés, à nommer par voie de concours, et qui prendraient une part active à l'enseignement; il y aurait des chefs de clinique, ou moniteurs, un chef des travaux anatomiques. Mais à quoi bon parler plus longuement d'un plan d'études qui n'a été et ne sera probablement jamais appliqué.

» Le recrutement du personnel enseignant n'eût pas laissé, du moins au début, de présenter de sérieuses difficultés.

» Les jeunes gens qui aspirent à l'enseignement doivent donner à leurs études une direction spéciale, assez différente de celle adoptée par ceux qui veulent être simplement des médecins praticiens. Or, dans le corps médical de l'Équateur, il n'y avait pas, croyons-nous, de médecin réalisant cette condition. On aurait donc, tout d'abord été obligé de recourir à des docteurs étrangers et telle était évidemment l'idée de Garcia Moreno : quelques jours avant sa mort tragique, il avait manifesté l'intention d'appeler un nouveau docteur français comme professeur de physiologie expérimentale.

» L'enseignement de l'*obstétrique* avait aussi trouvé sa place parmi les préoccupations de l'illustre président. Il institua une maternité dont il confia la direction à une sage-femme française, élève lauréat de la Maternité de Paris, aussi habile qu'instruite. On lui fournit tout ce qui pouvait servir à son enseignement : livres, mannequins, pièces anatomiques, atlas, instruments, etc. Les leçons étaient à la fois théoriques et pratiques; le nombre d'accouchements s'élevait, chaque année, à plus de 150. Cet

enseignement pendant les cinq ans qu'il a duré a doté l'Équateur de véritables sages-femmes...

» Aux merveilles réalisées en faveur de l'enseignement littéraire et scientifique, nous devons ajouter les services non moins remarquables que Garcia Moreno rendit à l'enseignement des beaux-arts. Il organisa une Académie de peinture, sculpture et architecture. Il appela trois professeurs italiens, et chargea l'un d'eux d'organiser un Conservatoire de musique dont il serait le directeur. Ainsi qu'il l'avait fait pour les autres organisations, il ouvrit les crédits jugés nécessaires par les directeurs qu'il venait de nommer.

» Nous l'avons vu plusieurs fois, ce digne président, dans des soirées musicales données au Conservatoire, encourager par sa présence et ses applaudissements le zèle des professeurs et celui des élèves.

» Nous ne saurions déterminer exactement ce qu'il y a de fondé dans l'opinion bien des fois exprimée devant nous, que Quiténiens et Quiténiennes se font remarquer par leurs aptitudes musicales. Mais ces aptitudes nous ont paru réellement très développées et de nature à légitimer la création d'un Conservatoire à Quito.

» Nous ne pouvons pas non plus passer sous silence les utiles transformations que Garcia Moreno fit subir à l'instruction et à l'éducation des jeunes filles. Il fonda deux maisons, dirigées, l'une par les Sœurs françaises du Sacré-Cœur, l'autre par les Sœurs belges de la Providence, les deux largement pourvues d'un personnel savant et dévoué. L'enseignement y devint complet, comme dans nos meilleurs pensionnats. On s'attacha surtout à donner à l'enseignement un caractère pratique. Un soin tout spécial fut accordé au dessin et aux travaux d'aiguille, et chaque année, il était donné au public d'admirer la petite exposition où s'étalaient les merveilleux produits de cette industrie enfantine.

» Tous ces bénéfices, remarquez-le bien, n'étaient pas exclusivement réservés aux jeunes personnes favorisées de la fortune : car dans leurs *orphelinats*, les Sœurs de la Providence pouvaient, grâce au secours du Gouvernement, pourvoir à l'entretien et à l'instruction d'un très grand nombre de petites indigentes.

» Une École militaire fut aussi établie, où les cours scientifiques étaient donnés par les professeurs de l'École polytechnique. Malheureusement le successeur de Garcia Moreno n'eut rien de plus pressé que de la supprimer.

» Nous regarderions notre exposé comme incomplet, si nous ne mentionnions encore un autre enseignement institué sous le nom de *Protectorat.* D'habiles ouvriers tapissiers, charpentiers, menuisiers, cordonniers, appartenant à diverses nationalités européennes, furent installés dans un des faubourgs de Quito avec mission d'organiser des ateliers où les ouvriers du pays pourraient venir se former et se perfectionner.

» En organisant cette institution, Garcia Moreno se proposait de faciliter l'acquisition des objets des diverses industries qu'il venait d'installer. Il voulait que tous ces objets fussent fabriqués à Quito afin d'éviter d'énormes frais de transport qui en triplaient ou quadruplaient le prix.

» Enfin, il institua l'enseignement primaire pour les soldats, oubliés par les gouvernements précédents. Ce furent généralement les aumôniers qui se chargèrent volontairement de cette tâche.

» Telles furent, Messieurs, les prodigieux efforts que Garcia Moreno consacra à l'organisation des diverses parties de l'enseignement...

» Bien d'autres entreprises non moins dispendieuses étaient menées de front avec les diverses organisations dont je viens de vous parler, et si le temps nous permettait de vous les mentionner toutes, vous partageriez certainement la surprise que nous avons nous-même éprouvée de voir tout ce que Garcia Moreno a pu faire avec un budget que ses prédecesseurs, aussi bien que ses successeurs, ont trouvé insuffisant à couvrir les frais de toute œuvre importante.

» Et pourtant, n'allez pas croire que tant de dépenses extraordinaires ont eu pour résultat d'accroître la dette de l'État. La fausseté d'une pareille supposition fut clairement démontrée par le mémorable rapport, vrai testament politique, que Garcia Moreno devait lire devant les Chambres et qu'il tenait dans sa

main au moment où il fut assassiné. Ce rapport établissait que la dette équatorienne non seulement n'avait pas augmenté, mais avait même considérablement diminué sous son gouvernement.

» C'est là, Messieurs, un fait qui, tout surprenant qu'il puisse paraître, deviendra pour vous facilement explicable, si vous réfléchissez à la différence qu'il y a entre un gouvernement qui, donnant lui-même l'exemple de la plus rigoureuse probité, veille constamment et *par lui-même* à ce que les fonds de l'État ne soient pas gaspillés au profit de ses employés, et des gouvernements qui, peu scrupuleux eux-mêmes en ce qui concerne le trésor public, achètent le secret de leurs propres dilapidations par celles qu'ils autorisent dans les divers degrés de la hiérarchie.

» Cependant les bienfaits de l'administration Garcienne devenaient de plus en plus nombreux, de plus en plus palpables. Tous les vrais patriotes équatoriens se réjouissaient et nous nous réjouissions avec eux à la vue des heureuses tranformations que nous apportait chaque jour la création de nouveaux moyens de civilisation et de progrès; on entrevoyait, dans un avenir peu éloigné, le couronnement des diverses entreprises. Pour ce qui concernait les études médicales, nous nous croyions à la veille d'une organisation complète et conforme à nos vœux; le nouveau plan d'études allait être mis en pratique dès le commencement de l'année suivante. Mais hélas! tous nos projets, toutes nos espérances ne devaient pas tarder à s'évanouir, nous avions compté sans le lugubre drame du 6 août 1875.

» La clef de voûte nous fut ainsi ravie, l'édifice ne pouvait que crouler. Le néfaste assassinat du 6 août fut pour l'Équateur comme une attaque d'apoplexie foudroyante et il en résulta une paralysie générale et complète.

» Pour ne parler que de l'École polytechnique, nous ne saurions, Messieurs, vous exprimer la pénible impression que nous causa l'entrée dans cette école le jour où il nous fallut nous y rendre pour l'analyse chimique des restes du vénérable archevêque de Quito qu'on venait d'empoisonner à l'autel. Ces mêmes laboratoires que nous avions vus, peu de temps auparavant, si

bien pourvus, si bien tenus, étaient maintenant complètement abandonnés; les instruments, les machines, les appareils étaient démontés, détériorés, recouverts d'une épaisse couche de poussière. C'est que les Jésuites avaient, eux aussi, en perdant Garcia Moreno, tout perdu sous le rapport de leur brillant enseignement. On leur refusa les fonds nécessaires pour le continuer et ils durent aller faire bénéficier d'autres pays de leur savoir et de leur expérience...

» La brusque disparition de Garcia Moreno réduisit le gouvernement à la situation d'un corps décapité. Ce pouvoir passa en des mains inhabiles, inexpérimentées. Le successeur, Borrero, était, dit-on, animé de très bonnes intentions ; mais, dans ce monde comme dans l'autre, les bonnes intentions ne suffisent pas. Toujours est-il que Borrero ne fit rien ni pour conserver, ni pour continuer l'œuvre de Garcia Moreno. D'ailleurs s'il commit des fautes, il ne tarda pas à les expier, car neuf mois s'étaient à peine écoulés depuis son arrivée au pouvoir, lorsque ce président débonnaire se vit renversé et emprisonné par un de ses généraux qui prit sa place.

» Le programme du nouveau pouvoir était libéral : c'est vous dire qu'il était magnifique de promesses.

» Désormais, annonçait-il, l'Équateur allait sortir de l'ornière et se placer au niveau des nations civilisées, désormais il n'y aurait plus à sa tête des esprits ignorants et rétrogrades, mais bien un gouvernement progressiste qui se consacrerait d'une façon spéciale à la réorganisation de l'enseignement. De tous côtés on attendait avec la plus vive impatience la réorganisation annoncée; pour notre part nous l'attendions sans beaucoup d'illusions, car le chef suprême, le général révolutionnaire, devenu président constitutionnel par la force, ne nous paraissait pas offrir de bien sérieuses garanties au point de vue de l'enseignement.

» Enfin le grand projet est publié. Il est, proclame-t-on, conforme à l'esprit libéral qui doit désormais inspirer tous les actes du gouvernement.

» C'était un simple mélange des règlements antérieurs à Garcia Moreno. Il y avait pourtant quelques innovations entre les-

enseignement pendant les cinq ans qu'il a duré a doté l'Équateur de véritables sages-femmes...

» Aux merveilles réalisées en faveur de l'enseignement littéraire et scientifique, nous devons ajouter les services non moins remarquables que Garcia Moreno rendit à l'enseignement des beaux-arts. Il organisa une Académie de peinture, sculpture et architecture. Il appela trois professeurs italiens, et chargea l'un d'eux d'organiser un Conservatoire de musique dont il serait le directeur. Ainsi qu'il l'avait fait pour les autres organisations, il ouvrit les crédits jugés nécessaires par les directeurs qu'il venait de nommer.

» Nous l'avons vu plusieurs fois, ce digne président, dans des soirées musicales données au Conservatoire, encourager par sa présence et ses applaudissements le zèle des professeurs et celui des élèves.

» Nous ne saurions déterminer exactement ce qu'il y a de fondé dans l'opinion bien des fois exprimée devant nous, que Quiténiens et Quiténiennes se font remarquer par leurs aptitudes musicales. Mais ces aptitudes nous ont paru réellement très développées et de nature à légitimer la création d'un Conservatoire à Quito.

» Nous ne pouvons pas non plus passer sous silence les utiles transformations que Garcia Moreno fit subir à l'instruction et à l'éducation des jeunes filles. Il fonda deux maisons, dirigées, l'une par les Sœurs françaises du Sacré-Cœur, l'autre par les Sœurs belges de la Providence, les deux largement pourvues d'un personnel savant et dévoué. L'enseignement y devint complet, comme dans nos meilleurs pensionnats. On s'attacha surtout à donner à l'enseignement un caractère pratique. Un soin tout spécial fut accordé au dessin et aux travaux d'aiguille, et chaque année, il était donné au public d'admirer la petite exposition où s'étalaient les merveilleux produits de cette industrie enfantine.

» Tous ces bénéfices, remarquez-le bien, n'étaient pas exclusivement réservés aux jeunes personnes favorisées de la fortune : car dans leurs *orphelinats*, les Sœurs de la Providence pouvaient, grâce au secours du Gouvernement, pourvoir à l'entretien et à l'instruction d'un très grand nombre de petites indigentes.

Le but qu'il se proposait était moins l'observation des contacts que l'essai d'une nouvelle méthode, fondée sur l'emploi du spectrotélescope. On sait combien il est difficile de noter exactement le temps précis du premier et du dernier contact, car dans la méthode ordinaire on perd la planète de vue lorsqu'elle n'a pas encore entamé le disque solaire ou lorsqu'elle l'a quitté. Or, dans le champ du spectrotélescope, puisqu'on voit, outre le disque du Soleil, la mince auréole formée par la chromosphère, il est fort aisé de voir la planète se projeter sur cette auréole bien avant qu'elle touche le bord vrai du Soleil et l'on continue de même à l'apercevoir au moment où elle le quitte. Le savant astronome de Palerme espérait donc, par ce nouveau mode d'observation, doubler, pour ainsi dire, les données exactes d'un transit. Malheureusement des nuages, passant continuellement devant le Soleil, ne lui permirent pas de saisir le premier contact, mais il eut le plaisir de voir sa méthode victorieuse lors du dernier contact. Il a du reste publié ses observations *in extenso*.

L'intérêt que prenait le P. Lafont aux observations solaires, engagea le professeur Tacchini à lui demander de s'associer aux travaux de la Société des spectroscopistes italiens en fondant dans son Collège un observatoire pour l'étude physique du Soleil. La proposition fut acceptée et l'on songea à la réaliser immédiatement. Pour se procurer les ressources pécuniaires indispensables le P. Lafont, qui comptait à Calcutta bon nombre d'amis riches et généreux, fit un appel public dans les journaux et eut bientôt réuni les fonds nécessaires. Les souscriptions s'élevèrent rapidement à 25,000 francs, auxquels le gouvernement du Bengale ajouta un subside de près de 18,000 francs. Muni de ces ressources, le P. Lafont fit bâtir sur une des façades semi-circulaires du Collège Saint-Xavier, une rotonde de 22 pieds anglais de diamètre et de 7 pieds de haut, surmontée d'un cylindre tournant de 10 pieds d'élévation. Cette construction partie en briques, partie en bois de teck, s'élève à 60 pieds du sol et domine toutes les constructions environnantes. Au centre de la salle circulaire aboutit le sommet d'une colonne massive, dont les fondements ont 10 pieds de profondeur sur autant de lar-

geur et qui, partant du sol avec un diamètre de 6 pieds, s'élève sans rien toucher jusqu'à 52 pieds où elle pénètre à travers le plancher pour offrir au télescope une base solide de 3 pieds environ de diamètre.

Il s'agissait maintenant de pourvoir l'Observatoire des instruments propres à l'observation physique du Soleil par la méthode si heureusement découverte par MM. Janssen et Lockyer. Par un hasard fort heureux le Dr Van Monckhoven, de Gand, désirait se défaire d'une grande lunette de 9 pouces d'ouverture, sortie des ateliers de Steinheil à Munich. Ce magnifique réfracteur devint la propriété du nouvel observatoire et est maintenant installé sur un excellent pied parallactique muni d'une horloge, construit exprès par le célèbre opticien de Munich M. Merz. Deux spectroscopes, l'un angulaire à réversion, l'autre à vision directe, fabriqués par J. Brownuig de Londres, complètent le spectrotélescope. Une bonne horloge et un chronographe enregistreur permettent de donner aux observations toute la précision désirable.

Un mot en terminant sur les avantages que donnent à l'observatoire du R. P. Lafont, sa position géographique et les conditions climatériques de Calcutta. Les séries, déjà fort nombreuses, obtenues en Europe, sont forcément incomplètes, parce qu'en hiver l'état du ciel oblige souvent à interrompre les travaux; toutes ces lacunes si regrettables pourront désormais être comblées par l'Observatoire indien, qui jouit en hiver d'un ciel exceptionnellement pur et serein. De plus, comme on observera à Calcutta environ 6 heures avant que le Soleil se lève sur l'horizon de l'Europe occidentale, les résultats ne feront jamais double emploi et un phénomène constaté dans l'Inde pourra être suivi et complété par les Observatoires européens.

M. Louis Henry, professeur à l'Université catholique de Louvain, parle *Des moyens d'encourager les recherches et les publications scientifiques.* Sa conférence est publiée dans la seconde partie.

Après la conférence de M. L. Henry, une discussion s'engage à laquelle prennent part MM. de la Boëssière, de Fierlant et de Lapparent.

Le Mis de la Boessière. — L'idée d'introduire parmi les membres de la Société scientifique l'usage des concours et des prix a été soulevée déjà. L'utilité de cette mesure peut être incontestable, mais sa réalisation n'est pas chose facile. Déterminera-t-on les sujets à traiter ou en laissera-t-on le choix aux membres? Y a-t-il lieu d'espérer que les travaux présentés sur chaque branche spéciale soient suffisamment nombreux pour permettre d'assigner un prix à chacune d'elles? Dans le cas contraire, comment décider de la priorité de mérite et de succès entre un chimiste et un astronome?

La proposition de M. le professeur de Louvain mérite considération, mais elle réclame un plus mûr examen.

M. L. Henry, professeur à l'Université de Louvain. — Il n'est pas nécessaire que l'assemblée prenne une décision immédiate sur la question des concours et des prix; qu'elle en réfère à une commission qui avisera aux moyens d'écarter ces difficultés peut-être plus apparentes que réelles.

M. de Fierlant, ingénieur, insiste sur l'utilité des concours et des prix. L'Union des ingénieurs, sortis des Écoles spéciales de Louvain, a adopté cette mesure qui a été un puissant stimulant pour l'activité de ses membres.

M. de Lapparent, professeur à l'Université catholique de Paris. — M. Henry a traité en connaissance de cause des moyens de promouvoir les recherches scientifiques. Un détail, mais un détail qui a son importance, a échappé au savant professeur de Louvain, il ne sera peut-être pas inutile de le signaler.

La science et le travail ne suffisent pas pour créer un professeur : il faut encore des élèves. Au temps où nous sommes, le nombre est petit de ceux qui apportent dans tous leurs actes le tempérament résolu des confesseurs de la foi; et l'on ne peut méconnaître qu'il faut souvent à des laïques un courage réel pour venir chercher, dans nos institutions catholiques, un enseignement dont ils seraient un jour, peut-être, mal fondés à se prévaloir auprès de ceux de qui dépend l'accès des fonctions civiles. Il est du devoir des catholiques d'atténuer l'effet de ces préventions et de nous amener des élèves.

En France, c'est du clergé que nous attendons notre principal recrutement. Déjà NN. SS. les évêques ont fait de grands efforts et de généreux sacrifices pour constituer, dans nos Universités catholiques, un nombreux personnel d'élèves ecclésiastiques; la voie est ouverte, et nous espérons mieux encore de l'avenir. Que les professeurs catholiques soient des hommes de science et de travail; mais qu'on n'oublie pas que la raison d'être des professeurs ce sont les élèves.

VIII

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU MERCREDI 23 AVRIL 1879.

M. le Dr Lefebvre, professeur à l'Université catholique de Louvain, fait une *Communication sur la peste* (voir la seconde partie).

M. A. de Lapparent, professeur à l'Université catholique de Paris, expose *La Loi des reliefs du globe terrestre.* Cette conférence a été publiée dans la *Revue des questions scientifiques*, en juillet 1879.

Toast prononcé par M. L. Cousin, vice-président, au banquet du mercredi 23 avril 1879.

MESSIEURS,

Fidèle aux traditions de nos Assemblées, j'ai l'honneur de vous proposer le toast au Pape et au Roi.

Catholiques, nous acclamons partout le nom de Léon XIII que Dieu nous a donné pour chef spirituel, nous le vénérons comme un guide infaillible, nous l'aimons comme des fils aiment leur père.

Catholiques belges, nous respectons l'autorité légitime, nous sommes attachés à nos institutions et dévoués au Roi qui en est

le gardien ; ceux qui chaque jour nous accusent de poursuivre la ruine de la Constitution ne peuvent ignorer que le catholicisme et la révolution sont ennemis de naissance et d'essence; ils connaissent, pour les avoir pratiquées un jour et n'avoir su persévérer, les exigences de notre religion ; ils savent qu'elle enseigne l'obéissance aux lois, qu'elle prêche la soumission, qu'elle défend jusqu'à la pensée de la révolte; et, chose étrange, en nous accusant de conspiration, ils nous reprochent en même temps de rester fidèles à ces principes religieux, d'accepter et de suivre les pasteurs de l'Église. Ne savent-ils donc pas que toutes les autorités sont solidaires et que le même homme, qui aujourd'hui insulte le prêtre, méprisera demain le Roi?

Il y a un peu plus d'un an, la mort du glorieux Pie IX plongeait le monde catholique dans le deuil et la consternation. Cet illustre pontife semblait seul, par l'autorité de sa longue expérience et le prestige de sa sainteté, pouvoir contenir les ennemis de l'Église. Un instant même on conçut des craintes pour le conclave. C'est dans ces circonstances, bien faites pour marquer la protection d'en haut, que les cardinaux arrivèrent à Rome plus nombreux que jamais et qu'ils proclamèrent Léon XIII. Vous vous rappelez, Messieurs, quel touchant et sympathique accueil cette nomination reçut dans le monde entier; vous n'avez pas oublié les éloges sans réserve qui furent prodigués au nouveau Pape par toute la presse, sans distinction de partis; et nous, Belges, nous fûmes heureux de saluer en lui le nonce qui avait vécu parmi nous et qui affectionnait particulièrement notre pays.

Depuis ce jour le flot de l'impiété et de la révolution a grossi, ébranlant tous les gouvernements; partout l'autorité est méconnue et les représentants de l'ordre, depuis les chefs de la police jusqu'aux chefs des États, sont menacés de la balle et du poignard. La papauté, sans garde et sans armée, échappe à ce concert de désordre et de crimes; Léon XIII, calme et confiant, fait entendre sa voix aux Rois et aux peuples, il leur fait comprendre l'impuissance de la prison et de l'échafaud, la nécessité de venir à lui, et sa parole sera écoutée parce que l'Église seule peut sauver la société.

Puisse le Ciel lui accorder bientôt cette consolation, et le conserver longtemps pour la gloire de l'Église, pour le bien des œuvres catholiques et en particulier, j'ai bien le droit de le dire ici, pour la prospérité de la Société scientifique à laquelle il a daigné naguère montrer sa haute protection par une faveur toute spéciale.

Messieurs, nous avons un autre devoir de reconnaissance à remplir envers le Souverain qui gouverne si sagement la Belgique et sous l'égide duquel notre Société grandit et prospère; — envers le protecteur généreux de la science qui a voulu, par une dotation vraiment royale, provoquer la solution des problèmes intéressant l'avenir du pays; — envers le Roi dévoué qui, pour le bien-être et la prospérité de son peuple, s'efforce d'étendre les débouchés de l'industrie nationale; envers le chrétien de cœur qui, pour aider à l'abolition de l'esclavage, n'a pas craint de prendre la direction du mouvement civilisateur de l'Afrique centrale.

Le peuple belge reconnaît et apprécie les bienfaits et les hautes qualités de Léopold II, et, l'an dernier, à l'occasion de ses noces d'argent, il lui a témoigné, avec un enthousiasme incomparable, sa reconnaissance et son profond attachement; il a montré qu'au pied du trône un même sentiment de respect et de dévouement anime tous les cœurs.

Buvons, Messieurs,

A notre saint et bien aimé père, le Pape Léon XIII.

A Sa Majesté le Roi Léopold II.

IX

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU JEUDI 24 AVRIL 1879.

Le R. P. Van Tricht, S. J., professeur de physique au Collège N.-D. de la Paix, fait connaître les recherches de M. G. Planté, membre de la Société scientifique de Bruxelles, sur *Les courants secondaires et leurs applications*. Cette conférence a paru dans la *Revue des questions scientifiques* en juillet 1879.

M. Focillon, directeur de l'École municipale Colbert, à Paris, expose *Les caractères de la méthode d'observation appliquée à l'étude des questions sociales*, et les lois générales que cette méthode, pratiquée depuis un demi-siècle, a déjà retrouvées. Les comptes rendus de la cinquième section contiennent un résumé des idées développées par M. Focillon; en outre la *Revue des questions scientifiques* publie un article de lui sur le même sujet.

M. le Président annonce que les deux commissaires, nommés lundi dernier pour la vérification des comptes présentés par le Trésorier, MM. Émile de Ville et Léon Bertrand, déclarent que ces comptes sont en règle. Il invite donc l'Assemblée à les approuver. (*Adhésion.*) Sur sa proposition, l'Assemblée vote des remercîments à son zélé trésorier, M. Armand Brifaut.

M. le Président adresse ensuite quelques paroles de remercîment à tous ceux qui ont contribué au succès de cette session, et particulièrement aux orateurs qui ont pris la parole dans les Assemblées générales, ainsi qu'à la Société de Saint-Vincent-de-Paul et à son Président, M. le vicomte de Beughem, qui ont si gracieusement accordé à la Société scientifique l'hospitalité de leur magnifique local.

Il proclame ensuite le résultat du vote pour le renouvellement du bureau et du conseil. (Voir plus haut, p. 49.)

M. Louis Henry, le nouveau Président, termine la séance par les paroles suivantes :

MESSIEURS, CHERS ET HONORÉS CONFRÈRES,

Vos suffrages bienveillants m'ont appelé à la présidence de la *Société scientifique* pour l'année prochaine.

C'est une distinction, un honneur dont j'apprécie la valeur et dont je comprends toute l'élévation. Ma première parole doit être de vous en adresser mes remercîments; je viens, Messieurs, m'acquitter de ce devoir, autant que je le puis et vis-à-vis de chacun de vous, puisque, grâce à un choix presque unanime, c'est de chacun de vous qu'émane ce mandat.

La présidence de la Société scientifique n'est pas seulement un honneur, c'est aussi une charge. S'il est permis de refuser les honneurs, il ne l'est pas toujours de refuser les charges, parce qu'il n'est jamais permis de se dérober devant l'accomplissement d'un devoir ou d'un service à rendre. C'est ce principe de morale pratique qui m'a surtout décidé à accepter la candidature que le Conseil de la Société a bien voulu m'offrir, il y a quelques semaines, et que vous venez de ratifier d'une manière qui m'honore et me touche profondément.

Ici, Messieurs, permettez-moi un mot d'explication.

La Société scientifique, âgée aujourd'hui de presque un lustre, est sortie de la période de formation; elle vit; elle a affirmé son existence dans le monde savant et sa vitalité, par ses publications et ses œuvres. On pouvait croire que le moment était venu et qu'il pouvait être opportun d'appeler au siège présidentiel, un homme n'appartenant pas au monde de la science proprement dite. Parmi ceux de nos confrères que nous pourrions appeler, à juste titre, des membres protecteurs, il est des hommes éminents par l'illustration de la naissance, l'élévation du rang social, l'opulence de la fortune, et surtout par un noble et généreux dévouement à la science. N'était-ce pas dans ces rangs élevés qu'il fallait aujourd'hui aller choisir un Président?

Personnellement, pour un ensemble de raisons dont je dois vous épargner le détail, j'inclinais à croire qu'il en devait être ainsi. Désirant par-dessus tout le bien de la Société, j'ai cru de mon devoir de faire connaître, puisqu'on voulait bien me le demander, quel était mon sentiment dans cette question. Ce n'a pas été, vous le savez, celui du Conseil, où sont représentés cependant les éléments multiples qui constituent notre association.

Il ne m'appartient certainement pas, Messieurs, de discuter ni d'apprécier ici la résolution du Conseil, mais vous me permettrez sans doute de pressentir et d'exprimer quelques-uns des motifs qui l'ont inspirée.

La raison principale en est évidemment l'intérêt général de la Société dont le Conseil s'est toujours montré si bon juge. Je puis

croire qu'il a voulu affirmer une fois encore notre caractère et nos aspirations vraiment scientifiques. Je me plais surtout à penser qu'en désignant à votre attention, pour occuper le siège présidentiel, un ouvrier de la science, un président de section, il a voulu tout à la fois encourager le travail en lui rendant hommage, reconnaître et encourager l'assiduité à nos réunions, à nos séances de section surtout.

Je n'ai, en effet, je l'avoue volontiers, d'autres titres que ceux-là pour avoir mérité *la poignée d'herbe verte* dont, lors des élections, on couvre en Éthiopie le candidat préféré, comme nous l'a spirituellement appris, à la fin de notre banquet d'hier, l'illustre voyageur que la Société s'honore de compter au nombre de ses membres (1).

Vous m'avez confié, Messieurs, dans une certaine mesure, la responsabilité des destinées de la *Société scientifique de Bruxelles* pendant l'année prochaine.

Succédant à d'éminents collègues, d'éminents confrères, je devrais m'effrayer du poids de cette charge; mais je me rassure quand je me rappelle quelles sont les véritables conditions de la prospérité des sociétés scientifiques, et surtout quelle est l'organisation interne de celle que nous constituons.

Plus que celle des grandes sociétés politiques, des nations, la prospérité d'une société scientifique repose surtout sur elle-même; elle a son origine principale dans l'activité individuelle de ses membres, parce que ceux-ci sont des unités conscientes. La *Société scientifique* sera non ce que la fera l'un d'entre nous ou plusieurs d'entre nous, mais ce que nous la ferons nous-mêmes, tous ensemble; car sans méconnaître ce que peut, en féconds résultats, une initiative individuelle puissante, notre action collective l'emportera toujours. Un de mes prédécesseurs l'a déjà dit ici même (2), une œuvre comme la nôtre ne peut se soutenir que par un effort constant; je dis à mon tour, complétant sa pensée, par un effort constant et général. Notre espoir et notre

(1) M. Antoine d'Abbadie, membre de l'Institut de France.

(2) M. Ph. Gilbert, président de la Société en 1877-1878. T. II des *Annales*, p. 117.

force, c'est notre zèle et notre activité à tous; ayons-en, Messieurs, la conviction profonde.

Le Président n'est ici, je le sais et je ne veux l'oublier jamais, qu'un *primus inter pares;* si la présidence est selon l'ordre hiérarchique établi dans toute administration, la première magistrature de la Société scientifique, elle n'en est pas, à mon sens, sous certains rapports, la plus importante, parce qu'à côté d'elle, il en est d'autres appelées par leur nature même, à exercer une influence plus marquée sur les destinées et la marche de notre association; c'est en un sens bien plus une dignité qu'une fonction véritable.

On dit que dans les monarchies constitutionnelles, le roi règne mais ne gouverne pas. Je me garderai bien d'apprécier en quelle mesure cette parole qui n'est pas sortie d'une bouche catholique est, dans la réalité des faits, une vérité; mais ne puis-je pas dire qu'il en est ainsi parmi nous? Il y a en effet dans l'économie générale de la Société scientifique des organes constitutionnellement bien plus puissants, naturellement appelés à une activité plus visible, plus énergique que la présidence. Et ces organes, Messieurs, c'est d'abord le Conseil, que cette fois encore, je le constate avec une heureuse satisfaction, vous avez composé d'hommes éminemment propres à sauvegarder les intérêts de notre Société et à en assurer le développement; c'est ensuite dans le Conseil lui-même, ce fonctionnaire permanent, parce que rééligible il est toujours réélu...

Vos applaudissements ont devancé ma parole, je veux parler de notre infatigable secrétaire, que j'appellerais volontiers, avec votre permission, notre secrétaire perpétuel.

Quoi qu'il en soit, Messieurs, et quelque restreint que soit le cercle dans lequel elle est réglementairement appelée à s'exercer, mon activité dévouée est acquise tout entière à la Société.

Je mets cela à sa disposition : c'est ce que je possède, tout ce que je possède; vous ne pouvez demander que je lui donne davantage.

Comme je le disais tout à l'heure, la Société scientifique vit et prospère; elle se développe et se consolide chaque jour avec

fermeté et lenteur, comme toutes les institutions auxquelles il est permis de prédire la durée; je me demande cependant s'il ne serait pas possible, au prix de quelques efforts généreux, de déterminer dans ce mouvement progressif une certaine accélération?

Je serais heureux de pouvoir personnellement y contribuer.

Si dans un an, à notre prochaine grande assemblée, nous pouvions vous présenter de nouveau un bilan, non seulement honorable, mais fructueux et prospère, constater, par exemple, un accroissement dans nos ressources, dans le nombre de nos membres fondateurs et de nos membres ordinaires, constater surtout par les dimensions du volume de nos *Annales*, l'activité de notre travail scientifique, je serais heureux de pouvoir croire avec vous que le président que vous venez d'élire, n'est pas resté tout à fait étranger dans les causes qui ont amené ces beaux résultats. Ce serait la plus belle récompense, la seule qu'il ambitionne, des efforts qu'il se croit le devoir de tenter dans l'intérêt de notre association.

Un mot encore, Messieurs, et je termine.

J'ai confiance dans l'avenir de la Société scientifique; elle vivra et elle grandira parce qu'elle a une mission à remplir dans l'ordre scientifique et religieux, et que par notre bonne volonté, sous le regard de Dieu, nous nous montrerons toujours dignes d'être les instruments de son accomplissement.

Un fait me frappe et frappera certainement plus tard dans l'histoire du développement scientifique à notre époque, c'est que par la date de sa fondation, la Société scientifique est contemporaine de la conquête d'une liberté précieuse entre toutes par un grand peuple, de la liberté de l'enseignement supérieur en France. Il en devait être ainsi. L'établissement des Universités catholiques entraîne nécessairement celui d'une société scientifique; la Société scientifique de Bruxelles est véritablement le complément, le couronnement des grands instituts d'instruction supérieure érigés dans l'Europe occidentale.

Félicitons-nous hautement, Messieurs, de la création des Universités catholiques de France, si jeunes encore et déjà si com-

force, c'est notre zèle et notre activité à tous; ayons-en, Messieurs, la conviction profonde.

Le Président n'est ici, je le sais et je ne veux l'oublier jamais, qu'un *primus inter pares;* si la présidence est selon l'ordre hiérarchique établi dans toute administration, la première magistrature de la Société scientifique, elle n'en est pas, à mon sens, sous certains rapports, la plus importante, parce qu'à côté d'elle, il en est d'autres appelées par leur nature même, à exercer une influence plus marquée sur les destinées et la marche de notre association; c'est en un sens bien plus une dignité qu'une fonction véritable.

On dit que dans les monarchies constitutionnelles, le roi règne mais ne gouverne pas. Je me garderai bien d'apprécier en quelle mesure cette parole qui n'est pas sortie d'une bouche catholique est, dans la réalité des faits, une vérité; mais ne puis-je pas dire qu'il en est ainsi parmi nous? Il y a en effet dans l'économie générale de la Société scientifique des organes constitutionnellement bien plus puissants, naturellement appelés à une activité plus visible, plus énergique que la présidence. Et ces organes, Messieurs, c'est d'abord le Conseil, que cette fois encore, je le constate avec une heureuse satisfaction, vous avez composé d'hommes éminemment propres à sauvegarder les intérêts de notre Société et à en assurer le développement; c'est ensuite dans le Conseil lui-même, ce fonctionnaire permanent, parce que rééligible il est toujours réélu...

Vos applaudissements ont devancé ma parole, je veux parler de notre infatigable secrétaire, que j'appellerais volontiers, avec votre permission, notre secrétaire perpétuel.

Quoi qu'il en soit, Messieurs, et quelque restreint que soit le cercle dans lequel elle est réglementairement appelée à s'exercer, mon activité dévouée est acquise tout entière à la Société.

Je mets cela à sa disposition : c'est ce que je possède, tout ce que je possède; vous ne pouvez demander que je lui donne davantage.

Comme je le disais tout à l'heure, la Société scientifique vit et prospère; elle se développe et se consolide chaque jour avec

fermeté et lenteur, comme toutes les institutions auxquelles il est permis de prédire la durée; je me demande cependant s'il ne serait pas possible, au prix de quelques efforts généreux, de déterminer dans ce mouvement progressif une certaine accélération?

Je serais heureux de pouvoir personnellement y contribuer.

Si dans un an, à notre prochaine grande assemblée, nous pouvions vous présenter de nouveau un bilan, non seulement honorable, mais fructueux et prospère, constater, par exemple, un accroissement dans nos ressources, dans le nombre de nos membres fondateurs et de nos membres ordinaires, constater surtout par les dimensions du volume de nos *Annales*, l'activité de notre travail scientifique, je serais heureux de pouvoir croire avec vous que le président que vous venez d'élire, n'est pas resté tout à fait étranger dans les causes qui ont amené ces beaux résultats. Ce serait la plus belle récompense, la seule qu'il ambitionne, des efforts qu'il se croit le devoir de tenter dans l'intérêt de notre association.

Un mot encore, Messieurs, et je termine.

J'ai confiance dans l'avenir de la Société scientifique; elle vivra et elle grandira parce qu'elle a une mission à remplir dans l'ordre scientifique et religieux, et que par notre bonne volonté, sous le regard de Dieu, nous nous montrerons toujours dignes d'être les instruments de son accomplissement.

Un fait me frappe et frappera certainement plus tard dans l'histoire du développement scientifique à notre époque, c'est que par la date de sa fondation, la Société scientifique est contemporaine de la conquête d'une liberté précieuse entre toutes par un grand peuple, de la liberté de l'enseignement supérieur en France. Il en devait être ainsi. L'établissement des Universités catholiques entraîne nécessairement celui d'une société scientifique; la Société scientifique de Bruxelles est véritablement le complément, le couronnement des grands instituts d'instruction supérieure érigés dans l'Europe occidentale.

Félicitons-nous hautement, Messieurs, de la création des Universités catholiques de France, si jeunes encore et déjà si com-

force, c'est notre zèle et notre activité à tous; ayons-en, Messieurs, la conviction profonde.

Le Président n'est ici, je le sais et je ne veux l'oublier jamais, qu'un *primus inter pares;* si la présidence est selon l'ordre hiérarchique établi dans toute administration, la première magistrature de la Société scientifique, elle n'en est pas, à mon sens, sous certains rapports, la plus importante, parce qu'à côté d'elle, il en est d'autres appelées par leur nature même, à exercer une influence plus marquée sur les destinées et la marche de notre association; c'est en un sens bien plus une dignité qu'une fonction véritable.

On dit que dans les monarchies constitutionnelles, le roi règne mais ne gouverne pas. Je me garderai bien d'apprécier en quelle mesure cette parole qui n'est pas sortie d'une bouche catholique est, dans la réalité des faits, une vérité; mais ne puis-je pas dire qu'il en est ainsi parmi nous? Il y a en effet dans l'économie générale de la Société scientifique des organes constitutionnellement bien plus puissants, naturellement appelés à une activité plus visible, plus énergique que la présidence. Et ces organes, Messieurs, c'est d'abord le Conseil, que cette fois encore, je le constate avec une heureuse satisfaction, vous avez composé d'hommes éminemment propres à sauvegarder les intérêts de notre Société et à en assurer le développement; c'est ensuite dans le Conseil lui-même, ce fonctionnaire permanent, parce que rééligible il est toujours réélu...

Vos applaudissements ont devancé ma parole, je veux parler de notre infatigable secrétaire, que j'appellerais volontiers, avec votre permission, notre secrétaire perpétuel.

Quoi qu'il en soit, Messieurs, et quelque restreint que soit le cercle dans lequel elle est réglementairement appelée à s'exercer, mon activité dévouée est acquise tout entière à la Société.

Je mets cela à sa disposition : c'est ce que je possède, tout ce que je possède; vous ne pouvez demander que je lui donne davantage.

Comme je le disais tout à l'heure, la Société scientifique vit et prospère; elle se développe et se consolide chaque jour avec

fermeté et lenteur, comme toutes les institutions auxquelles il est permis de prédire la durée; je me demande cependant s'il ne serait pas possible, au prix de quelques efforts généreux, de déterminer dans ce mouvement progressif une certaine accélération?

Je serais heureux de pouvoir personnellement y contribuer.

Si dans un an, à notre prochaine grande assemblée, nous pouvions vous présenter de nouveau un bilan, non seulement honorable, mais fructueux et prospère, constater, par exemple, un accroissement dans nos ressources, dans le nombre de nos membres fondateurs et de nos membres ordinaires, constater surtout par les dimensions du volume de nos *Annales*, l'activité de notre travail scientifique, je serais heureux de pouvoir croire avec vous que le président que vous venez d'élire, n'est pas resté tout à fait étranger dans les causes qui ont amené ces beaux résultats. Ce serait la plus belle récompense, la seule qu'il ambitionne, des efforts qu'il se croit le devoir de tenter dans l'intérêt de notre association.

Un mot encore, Messieurs, et je termine.

J'ai confiance dans l'avenir de la Société scientifique; elle vivra et elle grandira parce qu'elle a une mission à remplir dans l'ordre scientifique et religieux, et que par notre bonne volonté, sous le regard de Dieu, nous nous montrerons toujours dignes d'être les instruments de son accomplissement.

Un fait me frappe et frappera certainement plus tard dans l'histoire du développement scientifique à notre époque, c'est que par la date de sa fondation, la Société scientifique est contemporaine de la conquête d'une liberté précieuse entre toutes par un grand peuple, de la liberté de l'enseignement supérieur en France. Il en devait être ainsi. L'établissement des Universités catholiques entraîne nécessairement celui d'une société scientifique; la Société scientifique de Bruxelles est véritablement le complément, le couronnement des grands instituts d'instruction supérieure érigés dans l'Europe occidentale.

Félicitons-nous hautement, Messieurs, de la création des Universités catholiques de France, si jeunes encore et déjà si com-

battues, sans doute parce qu'elles sont déjà si fortes; souhaitons de les voir se rattacher à nous par des liens plus nombreux, plus étroits, plus forts encore; notre Société trouve dès maintenant en elles le concours le plus précieux; nous désirons vivement que ce concours se développe encore, car il est pour la Société un élément puissant de succès et de vitalité.

Et ici, Messieurs, permettez à un professeur de l'Université de Louvain, d'adresser en passant un salut fraternel à ses collègues si distingués des Universités de Paris et de Lille, venus cette fois si nombreux au milieu de nous; permettez en même temps au Président de la Société scientifique de les remercier encore de leur présence et surtout d'être venus parmi nous les mains pleines de présents, de les remercier de la part si grande, si brillante quelquefois, qu'ils ont prise à nos travaux.

Sans se confondre cependant, les destinées de la Société scientifique se rattachent donc intimement à celles de l'enseignement catholique dont elle est appelée à être l'expression la plus haute dans le domaine de la science. Aujourd'hui, Messieurs, les temps sont durs, pour cet enseignement, à tous les degrés. Nous voyons déjà les Universités catholiques de France directement menacées des plus graves dangers. Et nous-mêmes, sommes-nous sans sujet de craindre ?

De grandes forces en pleine activité et de grandes espérances en plein épanouissement, excitent au même degré les mauvaises passions, les violences de la colère et les machinations de l'envie.

Ayons néanmoins confiance. Dans les desseins de la divine Providence, l'épreuve est souvent la voie du succès et Dieu sait faire servir le mal qui est l'œuvre des hommes au bien dont il est seul l'auteur et l'origine.

Quant à nous, Belges, rappelons-nous que notre Université, à la veille de célébrer son jubilé de cinquante années d'existence, ou plutôt de résurrection glorieuse, est aujourd'hui une institution vraiment nationale; la protection des catholiques, la protection divine surtout qui l'ont couverte depuis si longtemps et portée si haut, ne lui feront pas défaut.

Nous disons en même temps à nos confrères de France que si

Dieu permet aujourd'hui à la tempête de se déchaîner chez eux avec tant de violence, contre les jeunes sœurs qu'y compte l'Université de Louvain, c'est sans doute afin d'affermir davantage dans le sol français le grand arbre de la liberté d'enseignement, qui, à l'ombre de la Croix du divin Rédempteur, est l'arbre de vie dans nos sociétés troublées. Si Dieu permet que cette liberté précieuse entre toutes soit menacée dans son essence et son exercice, c'est afin, ayons-en la certitude, d'en faire mieux sentir la haute et inappréciable importance.

Quoi qu'il en soit de l'avenir et des épreuves qu'il nous réserve, nous travaillerons tous ensemble dans la mesure de nos forces; notre devoir est là tout entier et n'oublions jamais que Dieu bénit toujours les efforts généreusement accomplis en son nom.

Je termine, Messieurs, anxieux comme homme, mais plein de confiance comme chrétien, en répétant cette parole que je vous adressais déjà dans une de nos dernières séances et qui, dans ces jours de lutte, mériterait bien de nous servir de cri de ralliement : par la Science, pour la Patrie et pour Dieu. (*Applaudissements prolongés.*)

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES.

Les formations tertiaires et quaternaires des environs de Mâcon, par Adrien Arcelin. — Paris, 1877.

Enumerazione delle alghe della marca di Ancona, per Francesco Ardissone. — Milano, 1866.

La vie des cellules et l'individualité dans le règne végétal. Introduction au cours de botanique cryptogamique, par le professeur François Ardissone. Traduit par André Champseix. — Milan, 1874.

Le Alghe. Sunto di alcune lezioni di botanica crittogamica dettate dal prof. Francesco Ardissone. — Milano, 1875.

Science et miracle. Louise Lateau ou la Stigmatisée belge, par le Dr Bourneville, 2e édition. — Paris, 1878.

Découvertes et missionnaires dans l'Afrique centrale au XVIe et au XVIIe siècle, par le R. P. Brucker, S. J. (Études religieuses.) Lyon, 1878.

Études sur le charbon d'os, par Jules Cartuyvels, ingénieur civil, etc., et J. Renotte. — Liège, 1877.

Le rôle des récoltes dérobées dans l'économie des cultures industrielles de la Hesbaye, par Jules Cartuyvels, délégué du gouvernement belge au Congrès international de l'agriculture de Paris (juin 1878). — Liège, 1878.

On a new form of tangential equation, by John Casey L. L. D., F. R. S., M. R. I. A., professor of mathematics in the catholic University of Ireland. (Philosophical Transactions of the Royal Society, vol. 167, pt. 2.)

Les spectres de la chlorophylle, par J. Chautard. — Nancy, 1875.

Le fer aux premiers âges du monde, par Joseph Collin. (Revue catholique.) — Louvain, 1878.

Instruments à employer en voyage et manière de s'en servir, par M. Antoine d'Abbadie, membre de l'Institut. (Bulletin de la Société de géographie.) Août 1878. — Paris.

Sur le déplacement de la bulle des niveaux à bulle d'air, par M. Ph. Plantamour. (Comptes rendus, t. LXXXVI, 24 juin.) — Paris, 1878.

Calcul de la déformation d'une carène liquide et des forces auxquelles elle est soumise pendant le mouvement ondulatoire de la houle, pour servir à la théorie du roulis du navire sur mer agitée, suivi d'un exposé succinct de cette théorie, par O. de Bénazé, sous-ingénieur de la marine. — Paris, 1875.

Au sujet d'une relation qui existerait entre la température de fusion des métaux et leur coefficient de dilatation, par P. De Heen, ingénieur. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, t. XLI, n° 5, mai 1876.)

Le voyage de Stanley à travers l'Afrique, par le Dr Louis Delgeur.— Anvers. (Bulletin de la Société géographique d'Anvers.)

La Carte de l'Afrique équatoriale depuis un demi-siècle, par M. L. Delgeur. (Bulletin de la Société géographique d'Anvers.)

Compte rendu du rapport de M. C. E. Baber sur la route entre Tali-fou et Momein suivie par la mission de M. Grosvenor, par le Dr Louis Delgeur. (Bulletin de la Société géographique d'Anvers. — 1879.)

Dell' indigotina negli animali ovvero della porpora degli Antichi, di Antonio e Giovanni De Negri.

Sulla materia colorante della Velella Limbosa L., par A. et G. De Negri.

Di una falsa porpora trovata in Roma.-Analisi chimico-spectrale, per Antonio e Giovanni De Negri. — Genova, 1878.

Sur la manière dont les vibrations calorifiques peuvent dilater les corps et sur le coefficient des dilatations, par M. de Saint-Venant. (Comptes rendus, t. LXXXII, 3 janvier 1876.)

Accord des lois de la mécanique avec la liberté de l'homme dans son action sur la matière, par M. de Saint-Venant. (Ibid.)

Deuxième Note sur la réduction des démonstrations à leur forme la plus simple et la plus directe, par M. de Saint-Venant. (Comptes rendus, t. LXXXIII, juillet 1876.)

Philosophie et enseignement des mathématiques. Sur la réduction des démonstrations à leur forme la plus simple et la plus directe, par M. de Saint-Venant. (Comptes rendus, t. LXXXIII, juillet 1876.)

Principes fondamentaux sur la connaissance de soi-même, de la nature et de Dieu, par l'abbé L. Desprez. — Nouvelle édition. — Paris, 1878.

Apologie scientifique du christianisme. Discours d'ouverture (Université de Toulouse), par M. le chanoine Duilhé de Saint-Projet. — Toulouse, 1877.

Apologie scientifique du christianisme. Résumé de l'enseignement du premier semestre (Université de Toulouse), par M. le chanoine Duilhé de Saint-Projet. — Toulouse, 1878.

The identification of the human skeleton. A medico-legal study, to which was awarded the prize of the Massachusetts medical Society for 1878, by Thomas Dwight, M. D. of Boston, late professor of anatomy at the medical school of Maine. — Boston, 1878.

De l'anémie et spécialement de l'anémie chez les mineurs, par le Dr S. Paul Fabre, médecin des mines de Commentry, etc. — Paris, 1878.

Discurso leido ante la facultad de ciencias, seccion de las físicas, de la Universidad de Madrid, por D. Bartolomé Feliú y Perez, catedrático de física y química. — Toledo, 1875.

Curso elemental de física experimental y aplicada y nociones de química inorgánica, por el doctor D. B. Feliú y Perez, 3a edicion.—Valencia, 1876.

Lecciones de química general inorgánica y orgánica, por el doctor D. B. Feliú y Perez. — Madrid, 1876.

Compendio de física experimental y química inorgánica con sus aplicaciones mas frecuentes, por el doctor D. B. Feliú y Perez, catedrático del instituto de Toledo, secunda edicion. — Toledo, 1877.

Meteorologia Romana (Estratto della Monografia archeologica e statistica di Roma et campagna romana, presentata dal Governo Italiano alla exposizione universale di Parigi nel 1878), G. St. Ferrari, S.J.— Roma, 1878.

Sur les aires partielles de l'ellipsoïde, par Émile Ghysens. (Annales de la Société scientifique de Bruxelles, 2e année, 1877.)

Sur la détermination des volumes et des aires, par Émile Ghysens. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XLIV, no 11, 1877.) — Bruxelles, 1877.

Sur quelques formules de géométrie et leur application aux courbes algébriques, par Émile Ghysens. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XLV, no 3, 1878.)

Bibliographie. — Publications nouvelles sur Galilée, par Ph. Gilbert, professeur à l'Université catholique de Louvain. (Revue des questions scientifiques, 1878.)

Cours d'analyse infinitésimale, par Ph. Gilbert. Partie élémentaire, 2e édition. — Louvain, 1878.

Sur la réduction des forces centrifuges composées dans le mouvement relatif d'un corps solide, par Ph. Gilbert, professeur à l'Université catholique de Louvain. (Annales de la Société scientifique de Bruxelles, 3e année, 1878.)

Léon Foucault, sa vie et son œuvre scientifique, par Ph. Gilbert, professeur à l'Université catholique de Louvain. (Revue des questions scientifiques, 1879.)

Assainissement des villes et précis de sewage en ce qui concerne l'agriculture, par E. Gisler. — Bruxelles, 1877.

Totius Summæ theologicæ S. Thomæ Aquinatis compendium rhythmicum, auct. F. Dominico Gravina, Ord. Præd. — Augustæ Taurinorum, 1879.

Examen de la classification préhistorique de M. de Mortillet. (Comptes rendus du Congrès tenu au Mans et à Laval par la Société archéologique, en mai 1878), par l'abbé Hamard. — Tours, 1878.

Rapport à la Commission d'études des moyens propres à prévenir les explosions de grisou, par M. Haton de la Goupillière, ingénieur en chef des mines, professeur d'exploitation des machines à l'École des mines. — Paris, 1878.

Formules nouvelles pour l'étude du mouvement d'une figure plane, par M. Haton de la Goupillière. (Journal de l'École polytechnique, XLVe cahier.) — Paris.

Denkrede auf Philipp Parlatore, von Dr Ludwig Haynald, Erzbischof von Kalocsa. — Budapest, 1879.

Conchyliologie fluviatile de la province de Nanking et de la Chine centrale, par le R. P. Heude, S. J., missionnaire apostolique au Kiang-nan, 3e fascicule. — Paris.

Oracion fúnebre que, por encargo de la real Academia española y en las honras de Miguel de Cervántes y demas ingenios españoles, pronuncío el excmo. é ilmo. Señor D. Narciso Martínez Izquierdo. — Madrid, 1879.

Répression légale du suicide. Proposition de consacrer aux études anatomiques les cadavres des suicidés. (Présenté au Congrès de médecine légale, le 10 août 1878), par M. J. Jeannel. — Paris, 1879.

A M. le Dr Paul Bert, professeur de la faculté des sciences de Paris, député de l'Yonne, par le Dr J. Jeannel. — Lille, 1879.

Rapport sur le vœu de l'Association des médecins de la Loire et de la Haute-Loire relatif à la répression de l'exercice illégal de la médecine et de la pharmacie de la part des pharmaciens, par M. le Dr Jeannel. (Présenté à l'assemblée générale de l'Association des médecins de France, mai 1878. — Paris, 1878.)

Visite à quelques facultés de médecine des universités allemandes en janvier 1878, rapport à Mgr le Recteur de l'Université de Lille, par le Dr J. Jeannel. — Paris, 1878.

De l'influence de la forme des corps sur leur attraction, par M. C. Lagrange ancien élève à l'École militaire de Bruxelles. (Extrait d'un travail sur les faits généraux du monde physique. — Bruxelles, 1877.)

Découvertes d'antiquités à Estinnes-au-Mont et à Vellereille-le-Sec, par Louis Lairein. (Annales du Cercle archéologique de Mons.)

Sur quelques points de géométrie supérieure, par C. Le Paige. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XLIV, n° 8, 1877.)

Sur quelques théorèmes de géométrie supérieure, par M. C. Le Paige, chargé de cours d'analyse à l'Université de Liège. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XLV, n° 2, 1878.)

Sur un théorème de M. Mansion, par M. C. Le Paige, chargé de cours d'analyse à l'Université de Liège. (Nouvelle Correspondance mathématique, t. IV, juin 1878.)

Sur les points multiples des involutions supérieures, par M. C. Le Paige, docteur en sciences physiques et mathématiques, chargé de cours d'analyse à l'Université de Liège. (Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2e série, t. XLVI, n° 8, 1878.)

Sur un théorème de M. Catalan, par M. C. Le Paige, chargé de cours d'analyse à l'Université de Liège. (Nouvelle Correspondance mathématique, t. IV, août 1878.)

Les ignorances de la science moderne, par Eugène Loudun. — Paris, 1878.

Rapport sur l'herborisation de la Société botanique de Lyon, à l'étang Genoud (Ain), par Adolphe Méhu. (Annales de la Société botanique de Lyon). — Lyon, 1878.

Examen d'une nouvelle théorie du sommeil physiologique, par le Dr Mœller. — Louvain, 1877.

Du traitement des maladies aiguës. Réponse à M. le Dr Burggraeve, par le Dr Mœller. (Journal des sciences médicales, Louvain, 1878.)

L'École de Salerne et les médecins du moyen âge d'après le professeur von Zienissem, par le Dr Mœller. (Revue catholique de Louvain, 1878.)

Actualités scientifiques publiées par M. l'abbé Moigno. L'ozone. — Paris, 1878.

Actualités scientifiques publiées par M. l'abbé Moigno. Les microbes organisés. — Paris, 1878.

Actualités scientifiques publiées par M. l'abbé Moigno. Le Latin pour tous. — Paris, 1879.

Actualités scientifiques publiées par M. l'abbé Moigno, Le R. P. Secchi. — Paris, 1879.

Les splendeurs de la foi, par M. l'abbé Moigno; quatre volumes. — Paris, 1877-1879.

Recherches sur l'électricité, par Gaston Planté. — Paris, 1879.

A soberania social de Jesus Christo. — Conferencia religiosa recitada na sé cathedral de Coimbra pelo Dr Luiz Maria da Silva Ramos. — Porto, 1879.

Des extraits pharmaceutiques, par M. E. Schmitt, professeur à la faculté libre de médecine et de pharmacie de Lille. (Journal des sciences médicales de Lille.) — Paris, 1879.

Note sur la paralysie vaso-motrice généralisée des membres supérieurs, par le docteur Sigerson. — Paris, 1874.

On heat as a factor in vital action (so called). On changes in the physical geography of Ireland. On a cause of the buoyancy of bodies of a greater density than water, par G. Sigerson. (Proceedings of the Royal Irish Academy, 2nd ser. v. II. — Dublin, 1875.)

El Agua en la Terra. Memoria presentata à la real academia de ciencias naturales y artés de Barcelona, por el Académico numerario Don Silvino Thós y Codina. — Barcelona, 1878.

La crise commerciale et industrielle. Moyens d'étendre les débouchés de l'industrie belge, par Er. Van der Laat, ingénieur. — Bruxelles-Louvain, 1878. (Annales de l'union des ingénieurs, 1877-1878.)

Étude sur le choléra ou l'action de la chaleur sur l'homme et les autres corps, par le docteur E. Van Dromme. — Bruxelles, 1877.

Études médico-légales sur l'aliénation mentale, par le docteur Vanverts, (Bulletin médical du Nord. — Lille, 1870.)

La civilisation et la politique, par Pierre Vermeire, troisième édition. — Bruxelles, 1878.

Apuntes relativos a los Huracanes de las Antillas en setiembre y octubre de 1875 y 76 por el Rde P. Benito Viñes, S. J., director del observatorio magnético y meteorológico del real colegio de Belen de la Compañia de Jesus. — Habana, 1878.

Thèses présentées à la faculté des sciences de Paris pour obtenir le grade de docteur ès-sciences physiques, par M. Aimé Witz, ingénieur des arts et manufactures, ancien élève de l'École centrale. — Paris, 1878.

Des foyers industriels. Conférences de physique appliquée, par M. Aimé Witz, docteur ès-sciences, etc. — Lille, 1879.

Ateneo Barcelonés. Acta de la sesion pública celebrada en el salon de cátedras del mismo el dia 30 de diciembre de 1878. — Barcelona, 1879.

Ateneo Barcelonés. Acta de la sesion solemne para honrar la memoria de D. Ramon Anglasell. — Barcelona, 1878.

Catalogue des ouvrages d'astronomie et de météorologie qui se trouvent dans les principales bibliothèques de la Belgique, préparé et mis en ordre à l'Observatoire de Bruxelles. — Bruxelles, 1878.

Observations présentées à MM. les sénateurs et députés au nom des principes et des intérêts de la science, par le corps enseignant de l'Université catholique de Lille, au sujet du projet de loi contre la liberté de l'enseignement supérieur. — Lille, 1879.

Noticias sobre la cabaña de Bornos recogidas con ocasion de mandar las lanas de sus ganados merinos a la exposicion de Paris de 1878. — Madrid, 1878.

M. Léon Hubert, docteur en médecine, séminariste et prêtre de Saint-Sulpice. Notice biographique, par un prêtre de Saint-Sulpice. — Paris, 1878.

L'Union, cercle des étudiants catholiques. Rapport présenté par la commission à l'assemblée générale du 6 novembre 1878. — Liège.

Union des ingénieurs sortis des écoles spéciales de l'Université catholique de Louvain. Année 1877-1878, premier fascicule. — Bruxelles, 1878.

Union des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de l'Université catholique de Louvain. Année 1877-1878, second fascicule. — Bruxelles, 1878.

L'Union, cercle des étudiants catholiques. Rapport présenté par la commission à l'assemblée générale du 6 novembre 1877. — Liège, 1877.

Annuaire de l'Observatoire royal de Bruxelles. — Bruxelles, 1879.

Annales de l'Observatoire royal de Bruxelles, nouvelle série, t. I et II. — Bruxelles, 1878-1879.

Atti della R. Accademia dei Lincei, 1876-1877, 2 vol. — Roma, 1877.

Atti della R. Università di Genova pubblicati per decreto ed a spese del municipio di Genova. Volume III. — Genova, 1875.

Nieuw Archief voor Wiskunde, deel IV. — Amsterdam, 1878.

Observatoire météorologique et magnétique des pères de la Compagnie de Jésus à Zi-ka-wei. — Chang-Hai. — Bulletin des observations météréologiques de septembre 1874 à décembre 1875. — Magnétisme, 1874 et 1875.

Bulletin mensuel de l'Observatoire de Zi-ka-wei. Tome III, année 1877. Tome IV, année 1878. Tome V, année 1879, janvier et février.

Observatoire de Zi-ka-wei près Chang-Hai (Chine). Recherches sur les variations des vents à Zi-ka-wei, d'après les observations faites de 1873 à 1877, par le P. M. Dechevrens, S. J. — Zi-ka-wei, 1877.

Observaciones meteorologicas del colegio catolico del S. Carazon de Jesus en Puebla. — Puebla, 1878.

St. Xavier's College observatory. — Calcutta (Annales météorologiques).

Stonyhurst College observatory. Results of meteorological and magnetical observations. 1877.

Proceedings of the royal Society of Edinburgh. — Session 1875-1876; 1876-1877.

Transactions of the royal Society of Edinburgh, vol. XXVIII, part. I. for the session 1876-1877.

FIN DE LA PREMIÈRE PARTIE.

SECONDE PARTIE.

MÉMOIRES.

NOTE

SUR

LES POLYGONES

QUI SONT A LA FOIS INSCRITS DANS UN CERCLE ET CIRCONSCRITS A UN AUTRE CERCLE,

PAR

V. PUISEUX,
MEMBRE DE L'INSTITUT.

Soient R et r les rayons de deux cercles que nous appellerons, pour abréger, le cercle R et le cercle r; nommons a la distance de leurs centres. Les trois longueurs R, r, a étant données, on ne peut pas en général inscrire dans le cercle R un polygone de n côtés qui soit en même temps circonscrit au cercle r; pour que cela soit possible, il faut que les quantités R, r, a vérifient une certaine équation algébrique d'un degré d'autant plus élevé que le nombre n des côtés est plus grand. Mais si cette équation

est satisfaite, on sait que le problème a une infinité de solutions; on peut en effet prendre sur le cercle R un premier sommet A_0 à volonté, mener de ce point au cercle r une tangente qui déterminera sur le cercle R un deuxième sommet A_1, de ce dernier mener au cercle r une nouvelle tangente qui déterminera sur le cercle R un troisième sommet A_2, et ainsi de suite. Lorsque l'équation dont il s'agit est vérifiée, il arrive, quel que soit le point de départ A_0 sur le cercle R, que le $n+1^{\text{ième}}$ sommet A_n se confond avec A_0, en sorte que le polygone de n côtés se ferme de lui-même. On peut, d'après cela, simplifier la recherche de l'équation entre R, r et a, en supposant le point A_0 pris sur la ligne des centres des deux cercles, auquel cas le polygone est divisé par cette ligne en deux parties symétriques.

Fuss et Steiner ont obtenu cette équation pour les premières valeurs de n par des calculs assez pénibles. Plus tard, Jacobi, dans un Mémoire inséré au tome III du journal de Crelle, a rattaché la question à la théorie de la multiplication des fonctions elliptiques et donné une formule à l'aide de laquelle on peut obtenir successivement les équations relatives aux diverses valeurs de n. Il suffit en effet, pour les former, de calculer une suite de fonctions dont chacune se déduit des deux précédentes à l'aide d'une relation rationnelle qui reste la même, quel que soit le rang des fonctions considérées. Je me propose, dans cette Note, de présenter quelques remarques très-élémentaires sur les fonctions ainsi obtenues et sur les équations qu'elles servent à former.

Soit O le centre du cercle R, P celui du cercle r, en sorte que $OP = a$ soit la distance de leurs centres. Soient A_0, A_1, A_2, ... les sommets d'un polygone inscrit dans le premier cercle et circonscrit au second. Nommons $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \ldots$ les angles, comptés dans un même sens, que les rayons OA_0, OA_1, OA_2, ... font avec la direction OP. Si l'on prend OP pour axe des x et le diamètre perpendiculaire du cercle R pour axe des y, l'équation du côté A_iA_{i+1} sera

$$R\cos\frac{\alpha_{i+1}-\alpha_i}{2} - x\cos\frac{\alpha_{i+1}+\alpha_i}{2} - y\sin\frac{\alpha_{i+1}+\alpha_i}{2} = 0;$$

la distance de ce côté au point P devant être égale à r, on a la condition

$$R\cos\frac{\alpha_{i+1}-\alpha_i}{2} - a\cos\frac{\alpha_{i+1}+\alpha_i}{2} = r$$

ou bien

$$(1)\ .\ .\ (R-a)\cos\frac{\alpha_i}{2}\cos\frac{\alpha_{i+1}}{2} + (R+a)\sin\frac{\alpha_i}{2}\sin\frac{\alpha_{i+1}}{2} = r.$$

On aura pareillement, en considérant le côté $A_{i+1}A_{i+2}$,

$$(R-a)\cos\frac{\alpha_{i+1}}{2}\cos\frac{\alpha_{i+2}}{2} + (R+a)\sin\frac{\alpha_{i+1}}{2}\sin\frac{\alpha_{i+2}}{2} = r.$$

Il en résulte, en retranchant membre à membre,

$$(R-a)\cos\frac{\alpha_{i+1}}{2}\left(\cos\frac{\alpha_i}{2} - \cos\frac{\alpha_{i+2}}{2}\right) = (R+a)\sin\frac{\alpha_{i+1}}{2}\left(\sin\frac{\alpha_{i+2}}{2} - \sin\frac{\alpha_i}{2}\right),$$

ou bien

$$(R-a)\cos\frac{\alpha_{i+1}}{2}\sin\frac{\alpha_{i+2}-\alpha_i}{4}\sin\frac{\alpha_{i+2}+\alpha_i}{4}$$

$$= (R+a)\sin\frac{\alpha_{i+1}}{2}\sin\frac{\alpha_{i+2}-\alpha_i}{4}\cos\frac{\alpha_{i+2}+\alpha_i}{4},$$

ou encore

$$\operatorname{tang}\frac{\alpha_i+\alpha_{i+2}}{4} = \frac{R+a}{R-a}\operatorname{tang}\frac{\alpha_{i+1}}{2}\ (^*).$$

Posons $\alpha_i = 4\beta_i$ et, pour abréger, désignons par $\frac{k}{2}$ le rapport $\frac{R+a}{R-a}$; il viendra

$$\operatorname{tang}(\beta_i+\beta_{i+2}) = \frac{k}{2}\operatorname{tang}2\beta_{i+1},$$

d'où

$$\operatorname{tang}\beta_{i+2} = \frac{k\operatorname{tang}2\beta_{i+1} - 2\operatorname{tang}\beta_i}{2 + k\operatorname{tang}\beta_i\operatorname{tang}2\beta_{i+1}}.$$

(*) C'est là, aux notations près, la formule donnée par Jacobi dans le paragraphe 4 du Mémoire cité.

Si donc on fait tang $\beta_i = z_i$, on aura, entre les trois quantités consécutives z_i, z_{i+1}, z_{i+2}, la relation

$$z_{i+2} = \frac{k\dfrac{2z_{i+1}}{1 - z_{i+1}^2} - 2z_i}{2 + kz_i \cdot \dfrac{2z_{i+1}}{1 - z_{i+1}^2}},$$

ou bien

$$(2) \quad \ldots\ldots \quad z_{i+2} = \frac{z_i z_{i+1}^2 + kz_{i+1} - z_i}{1 + kz_i z_{i+1} - z_{i+1}^2}.$$

Ainsi qu'on l'a déjà rappelé, il est permis de supposer le premier sommet A_0 situé sur la ligne des centres; nous le prendrons sur cette ligne, du même côté que le point P par rapport au point O. Il s'ensuivra $\alpha_0 = 0$, $\beta_0 = 0$, $z_0 = 0$; nous représenterons dans ce cas par z la valeur de z_1 et alors nous pourrons, à l'aide de la formule (2), calculer successivement les valeurs de $z_2, z_3, z_4, \ldots$, lesquelles seront des fonctions rationnelles de z et de k.

Représentons généralement par $\frac{P_i}{Q_i}$ la valeur de z_i, P_i et Q_i désignant des polynômes entiers en z et k; on conclura de l'équation (2) les relations suivantes :

$$(3) \quad \ldots \quad \begin{cases} P_{i+2} = P_i P_{i+1}^2 + kQ_i P_{i+1} Q_{i+1} - P_i Q_{i+1}^2, \\ Q_{i+2} = Q_i Q_{i+1}^2 + kP_i P_{i+1} Q_{i+1} - Q_i P_{i+1}^2. \end{cases}$$

Au moyen de ces formules et en partant des valeurs $P_0 = 0$, $Q_0 = 1$, $P_1 = z$, $Q_1 = 1$, on formera les fonctions P_i et Q_i correspondantes aux valeurs successives de l'indice i. Le tableau suivant contient les résultats de ce calcul pour les premières valeurs de i.

$P_0 = 0$,	$Q_0 = 1$,
$P_1 = z$,	$Q_1 = 1$,
$P_2 = kz$,	$Q_2 = 1 - z^2$,
$P_3 = k^2 z - z(1 - z^2)^2$,	$Q_3 = -k^2 z^4 + (1 - z^2)^2$,

$$P_4 = k^5z^5(1-z^2)(1+z^4) + k^3z(1-z^2)^5 - 2kz(1-z^2)^5,$$

$$Q_4 = -k^8z^6 - k^4z^4(1-z^2)^2 + k^2z^2(1-z^2)^4 + (1-z^2)^6,$$

$$\begin{aligned} P_5 = &-k^{14}z^{15}(1-z^2+z^4) + k^{12}z^7(1-z^2)^2(1-z^2+3z^4-4z^6+6z^8-2z^{10}) \\ &+ k^{10}z^5(1-z^2)^4(2-7z^2+9z^4-12z^6+8z^8-z^{10}) \\ &+ k^8z^3(1-z^2)^6(1-10z^2+16z^4-15z^6+3z^8) \\ &+ k^6z^5(1-z^2)^8(-3+14z^2-7z^4+z^6) \\ &+ k^4z(1-z^2)^{10}(1+z^2-2z^4+z^6) - 3k^2z(1-z^2)^{12} + z(1-z^2)^{14}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_5 = &-k^{14}z^{10}(1-z^2+z^4) + k^{12}z^8(1-z^2)^2(-2+6z^2-4z^4+3z^6-z^8+z^{10}) \\ &+ k^{10}z^5(1-z^2)^4(-1+8z^2-12z^4+9z^6-7z^8+2z^{10}) \\ &+ k^8z^6(1-z^2)^6(3-15z^2+16z^4-10z^6+z^8) \\ &+ k^6z^4(1-z^2)^8(1-7z^2+14z^4-3z^6) \\ &+ k^4z^2(1-z^2)^{10}(1-2z^2+z^4+z^6) - 3k^2z^4(1-z^2)^{12} + (1-z^2)^{14}. \end{aligned}$$

Ajoutons que si dans l'équation (1) on fait $i = 0$, on trouve

$$(R - a)\cos\frac{\alpha_1}{2} = r,$$

d'où l'on déduit

$$\cos\frac{\alpha_1}{2} = \cos 2\beta_1 = \frac{r}{R-a}$$

et par suite

$$\operatorname{tang}\beta_1 \quad \text{ou} \quad z = \sqrt{\frac{R-a-r}{R-a+r}}.$$

Cela posé, considérons d'abord un polygone d'un nombre pair de côtés $2n$ et cherchons la condition pour qu'un tel polygone puisse être à la fois inscrit dans le cercle R et circonscrit au cercle r. Il faudra pour cela que le sommet A_n soit sur la ligne des centres OP, à l'opposé de A_0, c'est-à-dire qu'on ait $\alpha_n = (2m+1)\pi$, m désignant un nombre entier; il en résulte $\beta_n = (2m+1)\frac{\pi}{4}$ et par suite $z_n = \operatorname{tang}\beta_n = \pm 1$. La condition cherchée est donc

$$z_n^2 = 1$$

ou bien

(4) . . . . . $P_n^2 - Q_n^2 = 1.$

Considérons ensuite un polygone d'un nombre impair de côtés $2n+1$. Le premier sommet A_0 étant toujours pris de façon qu'on ait $\alpha_0 = 0$, il faudra que les sommets A_n et A_{n+1} soient symétriquement placés par rapport à la ligne des centres, en sorte que la moyenne arithmétique des angles α_n, α_{n+1} soit un multiple impair de π. On a donc, dans ce cas, $\alpha_n + \alpha_{n+1} = 2(2m+1)\pi$, m étant un nombre entier, ou bien $\beta_n + \beta_{n+1} = (2m+1)\frac{\pi}{2}$. Il en résulte tang β_n tang $\beta_{n+1} = 1$. La condition cherchée est donc

$$z_n z_{n+1} = 1$$

ou bien

$$(5) \quad \ldots\ldots \quad P_n P_{n+1} - Q_n Q_{n+1} = 0.$$

Il est aisé de s'assurer que les polynômes P_i sont (en regardant P_0 comme le produit de z^{-1} par un coefficient nul) des fonctions impaires de z, tandis que les polynômes Q_i en sont des fonctions paires. Il suit de là que les premiers membres des équations (4) et (5) sont des fonctions rationnelles et entières de z^2; ce sont d'ailleurs aussi des fonctions entières de k. Si donc on y met, pour z^2 et pour k, leurs valeurs $\frac{R-a-r}{R-a+r}$ et $\frac{2(R+a)}{R-a}$, on aura, sous forme rationnelle, la relation qui doit exister entre R, r et a pour qu'un polygone de $2n$ ou de $2n+1$ côtés puisse être à la fois inscrit au cercle R et circonscrit au cercle r.

Examinons maintenant quels sont les degrés, relativement à z, des polynômes P_i et Q_i; si l'on représente ces degrés respectivement par p et q_i, les valeurs données ci-dessus des premiers polynômes P_0, Q_0, P_1, Q_1, ... montrent qu'on a

$$p_0 = -1, \quad p_1 = 1, \quad p_2 = 1, \quad p_3 = 3, \quad p_4 = 11, \quad p_5 = 29,$$
$$q_0 = 0, \quad q_1 = 0, \quad q_2 = 2, \quad q_3 = 4, \quad q_4 = 12, \quad q_5 = 28.$$

On vérifie, sur ces premières valeurs, que l'on a

$$(6) \quad \ldots\ldots \quad p_i = q_i - (-1)^i,$$

relation dont on démontrera aisément la généralité à l'aide des

formules (3). Cela posé, la seconde de ces mêmes formules nous donne, en y changeant i en $2i$,

$$Q_{2i+2} = Q_{2i}Q_{2i+1}^2 + kP_{2i}P_{2i+1}Q_{2i+1} - Q_{2i}P_{2i+1}^2.$$

Les trois parties du second membre sont respectivement, par rapport à z, des degrés

$$2q_{2i+1} + q_{2i}, \quad p_{2i+1} + q_{2i+1} + p_{2i}, \quad 2p_{2i+1} + q_{2i},$$

ou bien, en vertu de la relation (6), des degrés

$$2q_{2i+1} + q_{2i}, \quad 2q_{2i+1} + q_{2i}, \quad 2q_{2i+1} + q_{2i} + 2.$$

Le plus grand de ces trois nombres, savoir $2q_{2i+1} + q_{2i} + 2$, est le degré de Q_{2i+2}; on a donc

$$q_{2i+2} = 2q_{2i+1} + q_{2i} + 2.$$

On reconnaîtra de la même manière qu'on a

$$q_{2i+1} = 2q_{2i} + q_{2i-1},$$

Si donc on pose

$$\frac{A_0 + A_1x + A_2x^2 + \cdots}{1 - 2x - x^2} = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots,$$

d'où il suit

$$a_0 = A_0, \quad a_1 = 2a_0 + A_1, \quad a_2 = 2a_1 + a_0 + A_2, \ldots$$

et généralement, à partir de $n = 2$,

$$a_n = 2a_{n-1} + a_{n-2} + A_n,$$

on voit qu'il suffira de supposer

$$A_0 = A_1 = A_3 = A_5 = A_7 = \cdots = 0,$$
$$A \;\; = A_4 = A_6 = A_8 = \cdots = 2,$$

pour que les quantités $a_0, a_1, a_2, \ldots$ se confondent avec $q_0, q_1, q_2, \ldots$ On a donc

$$q_0 + q_1 x + q_2 x^2 + \cdots = \frac{2(x^2 + x^4 + x^6 + \cdots)}{1 - 2x - x^2} = \frac{2x^2}{(1-x^2)(1-2x-x^2)}.$$

D'après cela, pour trouver l'expression générale de q_i, il n'y a qu'à décomposer en fractions simples la fraction rationnelle $\frac{2x^2}{(1-x^2)(1-2x-x^2)}$. On trouve

$$\frac{2x^2}{(1-x^2)(1-2x-x^2)} = -\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{1-x} + \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{1+x}$$
$$+ \frac{1}{2\sqrt{2}}\cdot\frac{1}{1-(1+\sqrt{2})x} - \frac{1}{2\sqrt{2}}\cdot\frac{1}{1-(1-\sqrt{2})x},$$

d'où l'on conclut, en développant en série chacune des fractions qui composent le second membre,

$$q_i = \frac{(1+\sqrt{2})^i - (1-\sqrt{2})^i}{2\sqrt{2}} - \frac{1-(-1)^i}{2}.$$

Il en résulte, en vertu de la relation (6),

$$p_i = \frac{(1+\sqrt{2})^i - (1-\sqrt{2})^i}{2\sqrt{2}} - \frac{1+(-1)^i}{2} \text{ (*)}.$$

(*) Par des considérations toutes pareilles, on obtient aisément les degrés des polynômes P_i et Q_i par rapport à la quantité k; en désignant ces degrés respectivement par p'_i et q'_i, on trouve

$$q'_i = \frac{(1+\sqrt{2})^i - (1-\sqrt{2})^i}{4\sqrt{2}} - \frac{1}{2} + (-1)^{\frac{i}{2}}\cdot\frac{1+(-1)^i}{4},$$

$$p'_i = \frac{(1+\sqrt{2})^i - (1-\sqrt{2})^i}{4\sqrt{2}} - \frac{1}{2} - (-1)^{\frac{i}{2}}\cdot\frac{1+(-1)^i}{4}.$$

Ces formules s'appliquent même au cas de $i = 0$, à condition de regarder P_0 comme le produit de $(kx)^{-1}$ par un coefficient nul.

Il suit de là que le degré, par rapport à z, de l'équation (4), relative à un polygone de $2n$ côtés, est le plus grand des deux nombres

$$2p_n = \frac{(1+\sqrt{2})^n - (1-\sqrt{2})^n}{\sqrt{2}} - 1 - (-1)^n,$$

$$2q_n = \frac{(1+\sqrt{2})^n - (1-\sqrt{2})^n}{\sqrt{2}} - 1 + (-1)^n,$$

c'est-à-dire, qu'il est égal à $\frac{(1+\sqrt{2})^n - (1-\sqrt{2})^n}{\sqrt{2}}$. Mais le premier membre de l'équation (4) est une fonction paire de z; si donc on prend pour inconnue la quantité $z^2 = \frac{R-a-r}{R-a+r}$, l'équation sera, par rapport à cette inconnue d'un degré moitié moindre, c'est-à-dire, du degré

$$\frac{(1+\sqrt{2})^n - (1-\sqrt{2})^n}{2\sqrt{2}}.$$

Ce dernier nombre est aussi le degré, par rapport à r, de l'équation entre R, r et a. Il exprime par conséquent le nombre des valeurs dont r est susceptible, lorsque, étant donnés le rayon R et la distance a des deux centres, on propose de déterminer r par la condition qu'il existe un polygone de $2n$ côtés inscrit dans le cercle R et circonscrit au cercle r. On trouve ainsi que, pour les polygones de 4, 6, 8, 10, 12, ... côtés, il y a respectivement 2, 5, 12, 29, 70, ... valeurs de r.

Pareillement le degré en z de l'équation (5), relative à un polygone de $2n+1$ côtés, est la valeur commune des deux nombres $p_n + p_{n+1}$, $q_n + q_{n+1}$, c'est-à-dire,

$$\frac{(1+\sqrt{2})^{n+1} + (1-\sqrt{2})^{n+1}}{2} - 1.$$

Si l'on prend z_2 pour inconnue, l'équation sera, par rapport à cette inconnue, d'un degré moitié moindre, savoir

$$\frac{(1+\sqrt{2})^{n+1}+(1-\sqrt{2})^{n+1}}{4}-\frac{1}{2}.$$

Tel est le nombre des valeurs dont r est susceptible, lorsque, étant donnés R et a, on propose de déterminer r par la condition qu'il existe un polygone de $2n+1$ côtés inscrit au cercle R et circonscrit au cercle r. On voit ainsi que pour les polygones de 3, 5, 7, 9, 11, 13, ... côtés, il y a respectivement 1, 3, 8, 20, 49, 119, ... valeurs de r.

Les équations (4) et (5) donnent encore lieu à quelques remarques par lesquelles nous terminerons cette Note. On reconnaît aisément, à l'aide de la formule (2), que pour $z=1$, on a

$$z_1=+1,\quad z_2=\infty,\quad z_3=-1,\quad z_4=0,\quad z_5=+1,\ldots,$$

les quatre nombres $+1$, ∞, -1, 0 se reproduisant périodiquement. Il suit de là que pour toutes les valeurs impaires de n, on satisfait à l'équation $z_n^2=1$ en faisant $z^2=1$. Cela revient à dire que pour tous les polygones tels que le nombre de leurs côtés soit de la forme $4i+2$, l'équation entre R, r et a admet la solution $r=0$.

On reconnaît encore sans peine, au moyen de la même formule (2), que si l'on change z en $\frac{1}{z}$, les fonctions $z_1, z_3, z_5, z_7, \ldots$ se changent respectivement en $\frac{1}{z_1}, \frac{1}{z_3}, \frac{1}{z_5}, \frac{1}{z_7}, \ldots$, tandis que les fonctions $z_0, z_2, z_4, z_6, \ldots$ se changent en $-z_0, -z_2, -z_4, -z_6, \ldots$ Il en résulte que si pour une certaine valeur ζ de z, on a $z_n^2=1$, on aura également $z_n^2=1$ pour $z=\frac{1}{\zeta}$. Les valeurs de z, autres que $+1$ et -1, qui satisfont à l'équation $z_n^2=1$, sont donc deux à deux inverses l'une de l'autre. Mais à des valeurs de z inverses l'une de l'autre répondent des valeurs de r égales et de signes contraires; ainsi, dans le cas d'un polygone d'un nombre pair de côtés, l'équation entre R, r et a sera de la forme $F(r^2)=0$, F désignant une fonction rationnelle, si le nombre des côtés est de la forme $4i$, et cette équation sera de la forme $rF(r^2)=0$, si le nombre des côtés est de la forme $4i+2$.

Si l'on donne à z la valeur $\frac{1}{\sqrt{k+1}}$, on trouve

$$z_1 = \frac{1}{\sqrt{k+1}}, \quad z_2 = \sqrt{k+1}, \quad z_3 = \infty, \quad z_4 = -\sqrt{k+1},$$

$$z_5 = -\frac{1}{\sqrt{k+1}}, \quad z_6 = 0, \quad z_7 = \frac{1}{\sqrt{k+1}}, \ldots,$$

les six nombres

$$\frac{1}{\sqrt{k+1}}, \quad \sqrt{k+1}, \quad \infty, \quad -\sqrt{k+1}, \quad -\frac{1}{\sqrt{k+1}}, \quad 0$$

se reproduisant périodiquement; c'est ce qu'on prouve aisément à l'aide de la formule (2). On en conclut $z_1 z_2 = 1$, $z_4 z_5 = 1$, $z_7 z_8 = 1$, ... et généralement $z_{3i+1} z_{3i+2} = 1$. Il en résulte que pour toute valeur de n de la forme $3i + 1$, on satisfait à l'équation $z_n z_{n+1} = 1$ en faisant $z^2 = \frac{1}{k+1} = \frac{R-a}{3R+a}$, ce qui revient à attribuer à r la valeur $\frac{R^2-a^2}{2R}$. Ainsi, non-seulement dans le cas du triangle, mais toutes les fois que le nombre des côtés du polygone est de la forme $6i + 3$, l'une des valeurs de r est $\frac{R^2-a^2}{2R}$.

On peut généraliser cette remarque. En effet, en écrivant l'équation $z_n z_{n+1} = 1$, on exprime que la moyenne arithmétique des angles α_n, α_{n+1} est un multiple impair de π; si cette condition est remplie, il est aisé de voir, par la construction qui fournit les sommets A_1, A_2, A_3, ..., que la moyenne arithmétique des angles $\alpha_{(2i+1)n+i}$, $\alpha_{(2i+1)n+i+1}$ sera également un multiple impair de π et qu'ainsi le polygone de $(2i + 1)(2n + 1)$ côtés se fermera de lui-même, quel que soit l'entier i. On en conclut que toute valeur de r en R et a qui convient au polygone de $2n + 1$ côtés convient aussi aux polygones de $6n + 3$, $10n + 5$,... $(2i + 1)(2n + 1)$, ... côtés.

Pareillement, en écrivant $z_n^2 = 1$, on exprime que l'angle α_n est un multiple impair de π; si cette condition est remplie, il est clair, par la construction de la figure, que l'angle $\alpha_{(2i+1)n}$ est aussi un multiple impair de π et que par conséquent le polygone

de $(2i+1).2n$ côtés se fermera de lui-même. Ainsi toute valeur de r en R et a qui convient au polygone de $2n$ côtés, convient aussi aux polygones de $6n$, $10n$, ... $(2i+1)n$, ... côtés. Par exemple, la valeur $r = \frac{R^2 - a^2}{\pm\sqrt{2(R^2+a^2)}}$, qui convient au quadrilatère, convient également à tout polygone dont le nombre des côtés est de la forme $8i+4$.

SUR L'ÉTHÉRIFICATION

DES

ACIDES ORGANIQUES

EN GÉNÉRAL

ET DE L'ACIDE AZOTIQUE,

PAR

M. Louis HENRY,

Professeur de Chimie à l'Université de Louvain.

PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES LE 23 OCTOBRE 1877.

PREMIÈRE PARTIE.

ÉTHÉRIFICATION DES ACIDES ORGANIQUES.

Les procédés de préparation des éthers des acides organiques sont nombreux et variés, différents d'ailleurs suivant la nature et les propriétés des acides et des alcools auxquels ils correspondent. Il serait superflu d'en faire ici la revue.

Bornons-nous à constater que, quels que soient les acides organiques, ils s'éthérifient en général aisément, en présence des alcools libres, du moins des *alcools saturés*, sous l'action d'un acide minéral puissant.

Je désignerai, dans le cours de ce travail, pour la facilité et la

précision du langage, chacun des procédés particuliers de cette méthode générale d'éthérification, par le nom de l'acide minéral qui en est l'agent. J'entends donc sous le nom d'*éthérification chlorhydrique, sulfurique, phosphorique*, etc., la transformation des acides organiques en leurs nombreux éthers, par les alcools correspondants, sous l'action de ces divers acides minéraux ou de leurs anhydrides, alors que ceux-ci existent.

Il m'a paru qu'il ne serait pas inutile de fixer à nouveau l'attention sur ces réactions générales, dont le mécanisme n'est encore connu qu'imparfaitement ou même n'a été indiqué que d'une manière erronée et peu conforme à la réalité des faits.

ÉTHÉRIFICATION CHLORHYDRIQUE.

C'est là, peut-on dire, la vraie méthode, la méthode classique, de préparation des éthers des acides organiques et son emploi est aussi avantageux que fréquent. Son application peut, en outre, être regardée comme générale; elle permet, en effet, d'obtenir des éthers avec des acides de basicité et des alcools d'atomicité *quelconques*.

Rappelons succinctement comment on procède ordinairement et les produits que l'on obtient.

On sature d'acide chlorhydrique gazeux et sec le mélange, fait en proportions déterminées et convenablement refroidi, de l'acide et de l'alcool à éthérifier, l'un et l'autre totalement privés d'eau. On abandonne le liquide à la température ordinaire, pendant un temps plus ou moins long, ou bien l'on chauffe. Dans certains cas, l'éther se sépare spontanément d'avec une couche aqueuse qui tient en dissolution l'acide chlorhydrique; d'autres fois, il est nécessaire de précipiter par l'eau, ou quelquefois encore, alors qu'il s'agit d'acides-alcools d'une basicité élevée, de recourir à des manipulations plus compliquées.

Quoi qu'il en soit, on obtient finalement un éther organique et de l'eau chargée d'acide chlorhydrique.

$$C_nH_{2n+1}-COOH+(C_nH_{2n+1})OH+xHCl=C_nH_{2n+1}-CO(OC_nH_{2n+1})+H_2O+xHCl.$$

Le fait important à noter, dans cette opération, et qui en est le trait caractéristique, c'est que l'acide chlorhydrique se retrouve comme tel, au sein de l'eau, produit normal de toute éthérification, et semble ainsi n'avoir pris aucune part à la réaction qui a amené celle-ci. Je laisse de côté tout ce qui se rattache aux quantités de l'acide et de l'alcool qui s'éthérifient. Il suffit, pour préciser le fait en général, de constater en passant qu'il y a, sous ce rapport, une grande différence à établir entre les divers acides et les divers alcools.

Il est certainement bien remarquable que jusqu'ici l'on ne soit guère fixé sur la théorie de cette opération, journellement exécutée dans les laboratoires, et sur l'explication à donner de la réaction qui la constitue.

Comment se fait-il qu'un acide, difficile, quand il est seul, à transformer en éther sous l'action directe d'un alcool, s'éthérifie si facilement en présence de l'acide chlorhydrique?

La question se posait d'elle-même ; elle a recu des solutions fort diverses.

On a dit quelquefois que l'acide chlorhydrique agit en vertu de sa grande affinité pour l'eau, comme agent déshydratant, déterminant la formation de celle-ci aux dépens des éléments de l'alcool et de l'acide réagissants.

Suivant d'autres, le mécanisme serait moins élémentaire. L'éther obtenu serait le résultat final de deux réactions successives; dans la première phase de l'opération, l'acide chlorhydrique, réagissant sur un des composés organiques présents, produirait, à côté de l'eau, le chlorure du radical de ce composé; dans la seconde phase, ce chlorure réagirait, pour former l'éther, sur l'autre composé organique aussi présent.

Il est assez curieux de constater que l'on a recouru, dans ce système général, à des réactions précisément inverses. Selon

quelques-uns, l'acide chlorhydrique porterait son action propre sur l'alcool, et le chlorure d'alcool ainsi formé réagirait ultérieurement sur l'acide

$$C_2H_5OH + HCl = C_2H_5Cl + OH_2$$
$$C_2H_5Cl + C_2H_5O\,(OH) = C_2H_5O\,(OC_2H_5) + HCl$$

en donnant l'éther organique, but de l'opération, et en régénérant l'acide chlorhydrique.

Selon d'autres, l'acide chlorhydrique se porterait, au contraire, sur l'acide, pour former passagèrement, en même temps que l'eau, un chlorure d'acide, lequel à son tour, réagissant sur l'alcool, engendrerait l'éther, en régénérant l'acide chlorhydrique.

$$(C_2H_5O)\,OH + HCl = C_2H_5OCl + H_2O.$$
$$C_2H_5OCl + C_2H_5OH = (C_2H_5O)\,OC_2H_5 + HCl.$$

Cette théorie ingénieuse a été proposée pour la première fois en 1869, par M. Friedel (1).

La multiplicité de ces explications et leur peu de concordance prouvent suffisamment combien ce phénomène, si simple en apparence, est complexe au fond et est encore resté peu compris.

L'éthérification, dans les conditions rappelées plus haut, ne peut constituer un simple fait de déshydratation, provoqué par l'acide chlorhydrique. Je ne sache pas, en effet, que d'autres agents déshydratants énergiques, non acides, tels que $ZnCl_2$, $CaCl_2$, etc., soient propres à la réaliser.

Quant au rôle chimique actif, et remarquons-le encore, fort différent que l'on fait jouer à l'acide chlorhydrique, dans les explications proposées, j'aperçois peu de raisons pour l'admettre et beaucoup pour le rejeter. S'il se forme d'abord, ainsi que le prétend une de ces hypothèses, un chlorure d'alcool, C_nH_xCl, et de l'eau, la réaction doit en rester là, surtout dans les conditions habituelles des opérations de ce genre; car si les chlo-

(1) *Comptes rendus, etc.*, t. LXVIII, pp. 1557 et suivantes.

rures d'alcool réagissent en général aisément sur les sels à métal alcalin des acides organiques, il n'en doit pas être ainsi sur les acides eux-mêmes ; l'expérience directe constate, d'ailleurs, la stabilité, même à chaud, des éthers chlorhydriques, en présence des acides organiques. M. Friedel a pu chauffer pendant une dizaine d'heures, en vase clos, à 100°, un mélange de chlorure d'éthyle et d'acide acétique cristallisable, sans pouvoir constater de réaction sensible (1). Je crois inutile de m'arrêter davantage à cette explication, quoiqu'elle paraisse n'être pas dépourvue d'intérêt ; elle a, en effet, été proposée, récemment encore, par un chimiste allemand, M. L. Göttig (2), pour rendre compte de la formation du salicylate de glycérine

$$C_6H_4 < \begin{matrix} OH \\ CO - O - C_3H_5(OH)_2 \end{matrix}$$

dans les conditions d'éthérification que je discute en ce moment.

La théorie mise en avant par M. Friedel a le droit de nous arrêter plus longtemps, tant parce qu'elle paraît reposer sur une expérience positive qu'à cause de la haute valeur scientifique de son auteur et de la faveur dont il semble qu'elle jouisse encore à présent. Il y a peu de jours qu'elle a reçu, dans le *Bulletin de la Société chimique de Berlin*, l'adhésion d'un chimiste qui a tenté de l'appuyer sur des expériences nouvelles (3).

M. Friedel admet donc qu'il se forme par l'action directe de l'acide chlorhydrique sur l'acide organique à éthérifier, le chlorure de celui-ci, lequel réagit ultérieurement sur l'alcool présent.

Voyons si des réactions de cette nature sont possibles et surtout si elles se passent en réalité.

La réaction d'un chlorure d'acide, du chlorure d'acétyle, par exemple, sur l'eau, est accompagnée d'un notable dégagement

---

(1) Travail cité p. 1558.

(2) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, t. IX, p. 1818.

(3) E. Demole, *Berichte*, t. IX, p. 1790.

de chaleur; MM. Berthelot et Louguinine [1] l'estiment dans les conditions indiquées par l'équation

$$\underset{\textit{Liquide.}}{C_2H_3O, Cl} + \underset{\textit{Liquide.}}{H_2O} = \underset{\textit{Liquide.}}{C_2H_4O_2} + \underset{\textit{Gaz.}}{HCl}$$

à 5,5 calories.

Il suit de là que la réaction inverse, le remplacement de (OH) par Cl doit être accompagné d'une absorption de calorique; je regarde néanmoins cette réaction endothermique comme théoriquement possible; la chaleur destinée à être absorbée, peut être fournie en effet par le passage de l'acide chlorhydrique, corps *gazeux*, en chlorure d'acétyle, composé *liquide*, et par la combinaison de l'acide chlorhydrique excédant avec l'eau, produit de la réaction elle-même. Je me hâte néanmoins de faire remarquer que ce n'est là qu'une possibilité théorique; en fait, on n'a jamais produit jusqu'ici un chlorure d'acide par une réaction de ce genre et la raison en est évidente, c'est que les chlorures d'acides se décomposent énergiquement au contact de l'eau et que la formation de celle-ci accompagne nécessairement celle du chlorure dans ces conditions. Aussi M. Friedel n'a-t-il réalisé expérimentalement la production d'un chlorure négatif par la réaction directe de l'acide chlorhydrique sur l'acide lui-même, qu'en présence de l'anhydride phosphorique Ph_2O_5, c'est-à-dire en présence du plus puissant parmi tous les agents de déshydratation, composé susceptible de mettre totalement à l'abri du contact et des atteintes de l'eau, le chlorure ainsi formé. On doit reconnaître que ce sont là des conditions, sinon exceptionnelles, du moins totalement différentes de celles au milieu desquelles on opère dans la mise en pratique du procédé d'éthérification par l'acide chlorhydrique. Ici l'anhydride phosphorique est remplacé par un alcool. La formation d'un chlorure acide dans la réaction vraiment ingénieuse et si digne d'intérêt, imaginée par M. Friedel, n'autorise donc nullement, selon moi, à admettre la formation de ce même chlo-

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, t. VI (5), p. 289, etc.

rure, dans d'autres circonstances totalement différentes, notamment en l'absence d'un de ses facteurs importants, Ph_2O_5.

Mais admettons que le chlorure négatif se produise, j'ajoute que la réaction ne peut se poursuivre, dans la seconde phase du procédé, dans le sens indiqué dans la théorie de M. Friedel. Ce chlorure se trouvera, en effet, au moment même de sa formation, simultanément en présence de l'eau et d'un alcool. On prévoit de suite que son action se portera de préférence sur l'eau ; l'expérience prouve que les choses se passent ainsi et le fait est d'ailleurs conforme aux principes généraux de la thermo-chimie. Il résulte des expériences de MM. Berthelot et Louguinine que tandis que l'action d'un chlorure acide sur l'eau constitue une réacion *exothermique*, celle de ce même chlorure sur un alcool constitue, au contraire, une réaction *endothermique*.

$$C_2H_5OCl + H_2O = \underset{\textit{Liquide.}}{C_2H_4O_2} + \underset{\textit{Gaz.}}{HCl} + 5,5 \text{ calories.} \quad (^1)$$

$$C_2H_5OCl + C_2H_5OH = C_2H_5(C_2H_5)O_2 + \underset{\textit{Gaz.}}{HCl} - 9,0 \text{ calories.} \quad (^2)$$

Je crois avoir ainsi suffisamment prouvé que cette théorie n'est pas conforme à la réalité des faits.

On arrive, selon moi, à une explication rationnelle de cette méthode générale d'éthérification, si l'on tient compte de la nature véritable et de la signification chimique réelle des acides organiques.

Le chaînon *carboxyle*, $—CO_2H$, que ceux-ci renferment et d'où ils tiennent leur caractère acide, représente tout à la fois un *oxyde* et un *hydroxyde*

$$-CO_2H = -C < \begin{matrix} O \\ OH \end{matrix}$$

et fait de ces acides en général des *oxy-hydroxydes* de radicaux

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. VI (5), p. 289.
(2) *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 361.

carbonés et, dans la presque totalité des cas, de radicaux *hydrocarbonés*

$$C_nH_x - \left(C < {}^{O}_{OH}\right)_y.$$

Pour plus de facilité et de précision dans le langage, je prendrai pour exemple de mes explications l'acide acétique, ce type parfait et classique d'un acide organique.

La molécule *gazeuse* de l'acide acétique $C_2H_4O_2$ est l'oxy-hydroxyde du radical triatomique *éthényle*, comme l'appelle M. Hoffmann, C_2H_3 ou $CH_3 - C$,

$$\begin{array}{ccc} & {}^{\circ} & {}^{'''} \\ & CH_3 & C\!\!< \\ & | & | \\ & CH_3 & CH_3. \\ & & {}^{'''} \\ C_2H_4O_2 & C_2H_3O-OH & CH_3-C<{}^{O}_{OH}. \end{array}$$

En sa qualité d'oxyde ou d'anhydride, l'acide acétique se combine, comme l'on sait, avec une molécule d'eau, en donnant le *trihydroxide* ou, comme dit M. Grimaux (1), la *carbérine éthénylique*

$$C_2H_4O_2 + H_2O = CH_3 - C\!\!<\!\!\begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \end{matrix}$$

produit qui est au fond le véritable composé acétique, à réaction, à caractère et à fonction acides.

Je crois inutile de m'arrêter aux particularités qui accompagnent et qui prouvent le fait de cette combinaison. Je me bornerai à constater, en passant, que cette hydratation revêt le caractère d'une combinaison énergique avec certains oxydes organiques, notamment des oxydes C_nH_x — CHO ou des aldéhydes

$$CH_3 - CHO + H_2O = CH_3 - CH < {}^{OH}_{OH}.$$

Les oxydes des radicaux positifs hydrocarbonés, $C_xH_y(OH)_n$, c'est-à-dire les alcools, sont équivalents, au fond, à l'eau dont ils

(1) Association française pour l'avancement des sciences; session de 1872.

possèdent la constitution; avec les aldéhydes, ils se comportent de même que l'eau et s'y combinent avec énergie, en formant les dérivés alcooliques correspondant aux dérivés glycolliques, produits de la fixation de l'eau elle-même.

$$\begin{matrix} CH_3 - CHO \\ \\ CCl_3 - CHO \end{matrix} + C_2H_5OH = \begin{matrix} CH_3 - CH < {}^{OH}_{OC_2H_5} \\ \\ CCl_3 - CH < {}^{OH}_{OC_2H_5} \end{matrix}$$

Je suis autorisé à admettre qu'avec les acides les alcools se comporteront aussi comme l'eau elle-même, en s'y combinant, comme ils le font avec les aldéhydes; de là résultent des dérivés alcooliques correspondant aux *carbérines*, produits de la fixation de l'eau, dérivés alcooliques qui sont au fond des sortes de glycols ou alcools biatomiques. Ainsi l'acide acétique formera avec l'alcool éthylique

$$CH_3 - C < {}^{O}_{OH} + C_2H_5OH = CH_3 - C < {}^{OH}_{OH}{}_{OC_2H_5}$$

la *mono-éthyline éthénylique*

$$CH_3 - C < {}^{OH}_{OH}{}_{OC_2H_5},$$

composé encore doublement hydroxylé, sorte de glycol bi-tertiaire, et *éther* tout à la fois.

Il est utile de nous arrêter un instant à ce produit du mélange, à molécules égales, de l'acide acétique avec l'alcool. J'ai constaté d'abord que des phénomènes analogues à ceux qui caractérisent le mélange de l'acide acétique avec l'eau, se remarquent lorsqu'on mélange l'acide acétique avec l'alcool. Je me propose de revenir sur ce point d'une manière détaillée dans une communication ultérieure. Je rappellerai encore, à l'occasion de ce produit, quelques faits connus depuis longtemps, d'un caractère étrange et restés jusqu'ici sans explication.

Il y a 45 ans, Pelouze [1] remarquait avec étonnement que

---

[1] *Annalen der Pharmacie*, t. V, p. 260 (1833).

l'acide acétique, de même que divers autres acides organiques forts, mêlé d'alcool anhydre, ne rougissait pas le papier de tournesol sec et ne déterminait aucune effervescence avec les carbonates.

Ces faits trouvent une explication toute naturelle dans l'ordre d'idées où je me suis placé. Le produit $C_2H_4O_2 + H_2O$ ou $CH_3 - C(OH)_3$ constitue le véritable acide acétique, le composé acétique réellement et seul acide; le produit éthylique correspondant

$$C_2H_4O_2 + C_2H_6O \quad \text{ou} \quad CH_3 - C < \begin{matrix}(OH)_2\\ OC_2H_5\end{matrix}$$

est au fond un *éther* et ne doit pas, en cette qualité, présenter le caractère acide, pas plus que le produit d'addition d'une aldéhyde ou d'une acétone à l'eau.

Je reviens à mon sujet.

Les alcools tertiaires s'éthérifient, comme l'on sait, avec facilité sous l'action des hydracides halogénés. Sous l'action de l'acide chlorydrique, cette mono-éthyline éthénylique se transformera donc, à la suite d'une éthérification partielle, comme celles que subissent les glycols, dans la *chloro-éthyline* correspondante

$$CH_3 - C < \begin{matrix}Cl\\ OH\\ OC_2H_5\end{matrix}$$

avec formation simultanée d'eau

$$CH_3 - C < \begin{matrix}OH\\ OH\\ OC_2H_5\end{matrix} + HCl = CH_3 - C < \begin{matrix}Cl\\ OH\\ OC_2H_5\end{matrix} + H_2O.$$

Rappelons à présent ce fait, que prouve toute l'histoire des composés polyatomiques, c'est que l'on ne peut maintenir, l'un à côté de l'autre, fixés sur un même atome de carbone, les radicaux Cl et OH. Il s'élimine aux dépens de cet ensemble une molécule d'acide chlorhydrique et le *chloro-hydroxide* primitif se transforme en un simple *oxyde*

$$> C < \begin{matrix}OH\\ Cl\end{matrix} = > CO + HCl.$$

A la suite de cette réaction intra-moléculaire, la monochlorhydrine, précédemment et directement formée, se transformera donc dans l'oxyde correspondant, lequel n'est autre qu'un éther organique; la *chloro-éthyline éthénylique* deviendra, par l'élimination de cette molécule d'acide chlorhydrique, l'*oxy-éthyline éthénylique*, c'est-à-dire en langage ordinaire l'*acétate d'éthyle*

$$CH_3\text{-}C\left<\begin{matrix}Cl\\OH\\OC_2H_5\end{matrix}\right. - HCl = CH_3\text{-}C\left<\begin{matrix}O\\OC_2H_5\end{matrix}\right..$$

On constate ce travail d'éthérification *monochlorhydrique*, là où le groupement (OH) ne se rencontre pas, notamment dans les dérivés alcooliques des aldéhydes. Le résultat de ce travail n'est que provisoire, alors qu'il s'agit des acides, là il devient permanent et définitif; ainsi la *mono-éthyline-éthylidénique*

$$CH_3\text{-}CH\left<\begin{matrix}OH\\OC_2H_5\end{matrix}\right.,$$

obtenue à la suite du mélange de l'aldéhyde avec l'alcool, donne, ainsi que l'a fait voir d'abord M. Wurtz, sous l'action de l'acide chlorhydrique, la *chloro-éthyline* correspondante,

$$CH_3\text{-}CH\left<\begin{matrix}Cl\\OC_2H_5\end{matrix}\right.,$$

une des variétés possibles de l'éther éthylique monochloré. L'incompatibilité de voisinage qui existe entre Cl et (OH) n'existe pas entre Cl et les groupements *oxy-alcooliques* OC_nH_{2n+1}. C'est là un fait sur lequel j'ai, à différentes reprises, attiré l'attention des chimistes et dont j'ai réussi à tirer souvent un parti avantageux.

Il est presque superflu que j'ajoute que ce mécanisme d'éthérification s'applique à tous les acides carboxyliques et à tous les alcools indistinctement, quelles que soient la basicité des premiers et l'atomicité des seconds.

Il est nécessaire, dans l'*éthérification chlorhydrique*, de ne faire usage que d'acides bien secs, dépouillés de toute eau de cristallisation et d'alcools entièrement anhydres. C'est ce que l'on

constate d'une manière générale, notamment en ce qui concerne l'acide oxalique; l'oxalate bi-éthylique s'obtient aisément, comme l'on sait, à l'aide de l'acide oxalique sec $C_2H_2O_4$ et de l'alcool anhydre, sous l'action de l'acide chlorhydrique, mais non à l'aide de l'acide oxalique cristallin $C_2H_2O_4 + 2H_2O$ et d'un alcool plus ou moins aqueux. La théorie que je viens d'exposer nous donne immédiatement la raison de ce fait. L'acide oxalique cristallin $C_2H_2O_4+2H_2O$ n'est au fond que l'*éthane* $\begin{matrix}CH_3\\|\\CH_3\end{matrix}$ hexa-hydroxylé.

$$\begin{matrix} C \left\langle \begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \end{matrix} \right. \\ | \\ C \left\langle \begin{matrix} OH \\ OH \\ OH \end{matrix} \right. \end{matrix}$$

il est impropre, d'après les principes généraux, à former le dérivé *mono-alcoolique*

$$- C \left\langle \begin{matrix} OH \\ OH \\ OC_2H_5 \end{matrix} \right. ,$$

qui constitue le premier intermédiaire entre un acide et son éther.

Je m'explique aussi à présent, d'une manière fort simple, le mécanisme de la production de la dichlorhydrine glycérique C_3H_5 (OH) Cl_2, par le procédé indiqué d'abord par M. Berthelot; ce procédé, découvert, ainsi que le dit son auteur lui-même, ***par hasard*** (1), consiste, comme l'on sait, à saturer d'acide chlorhydrique un mélange, en certaines proportions, d'acide acétique cristallisable et de glycérine anhydre, mélange que l'on chauffe pendant un temps assez long à une douce chaleur. Les produits directs et immédiats de l'action de l'acide chlorhydrique doivent être des éthers acétiques de la glycérine, mono ou biacétiques. Sous l'action de l'acide chlorhydrique, ces acétines, composés encore alcooliques, se transforment, partie en chloro-***acétines***, partie en *glycérines simplement* chlorhydriques. L'acide HCl peut

(1) *Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. II, p. 119.

réagir sur ces acétines, non-seulement en tant que composés alcooliques, mais aussi en tant qu'éthers acétiques; l'expérience directe constate en effet que les éthers acétiques sont facilement et rapidement transformés en chlorures, sous l'action de l'acide chlorhydrique à chaud. La dichlorhydrine n'est donc ici, selon moi, que le produit d'une réaction secondaire, de la décomposition par HCl des produits éthérés normaux et directs; on recueille en effet dans la distillation du mélange brut, au delà de la température où passe la dichlorhydrine, des dérivés chloro-acétiques de la glycérine d'un point d'ébullition dépassant 200°. Il résulte de ces considérations qu'au point de vue du rendement en dichlorhydrine, il y a profit à prolonger cette opération, à maintenir à chaud pendant un temps aussi long que possible, le mélange acéto-glycérique saturé d'acide chlorhydrique.

Je me suis déjà occupé, plus haut, de la réaction si intéressante imaginée par M. Friedel pour obtenir des chlorures acides par l'action directe de l'acide chlorhydrique sur l'acide libre. Je ne crois pas inutile de revenir une fois encore sur cet objet.

Quel est au fond le mécanisme de cette réaction? Comment se produit le chlorure acide et quel rôle joue l'anhydride phosphorique dans la production de celui-ci.

Voici comment s'exprime M. Friedel lui-même :

« Je ne pense pas que l'on puisse admettre que l'acide phos-
» phorique intervienne autrement que pour enlever de l'eau.
. . . . . .
» Nous en concluons que l'acide chlorhydrique réagit sur les
» acides organiques avec formation d'eau et d'un chlorure du
» radical acide, mais que cette réaction est limitée dans son effet
» par la présence même des produits qui se forment. En enle-
» vant à mesure qu'il se produit, l'un des corps résultant de la
» réaction, on peut rendre cette dernière complète (1). »

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 1560.

L'explication est simple et satisfait pleinement au premier abord. J'ajoute même que la réaction qu'elle admet, examinée au point de vue des exigences de la thermo-chimie, est possible. Le remplacement dans un acide du radical (OH) par Cl, sous l'action de l'acide chlorhydrique, constitue, à la vérité, une réaction *endothermique*, mais il est à remarquer que la chaleur produite par la combinaison de l'eau à l'anhydride Ph_2O_5, peut largement pourvoir aux nécessités calorifiques qui doivent être satisfaites pour réaliser cette substitution. Je ne puis néanmoins me rallier à cette explication; j'en adopte une autre que M. Friedel n'a fait que mentionner en passant et d'une manière incidente, pour la rejeter d'ailleurs. Dans sa théorie, M. Friedel ne tient pas compte des phénomènes chimiques qui se produisent entre l'anhydride phosphorique et l'acide libre, présent, l'acide acétique, par exemple ; il se passe, en effet, quelque chose entre ces deux corps qui, ainsi qu'on s'en aperçoit immédiatement, ne font pas que se mélanger simplement et paisiblement.

L'anhydride phosphorique étant le plus puissant de nos agents de déshydratation, on est naturellement porté à admettre qu'il agit en cette qualité sur les composés *hydroxylés* pour transformer ceux-ci en leurs anhydrides, ou même en produits d'une déshydratation plus avancée encore. C'est ainsi notamment qu'il transforme les alcools monoatomiques $C_nH_{2n+1}OH$ en leurs hydrocarbures C_nH_{2n}. Des expériences récentes de MM. Gal et Etard tendraient à faire croire qu'il se comporte de même vis-à-vis de certains acides organiques monobasiques ([1]). Ces chimistes sont, en effet, parvenus à obtenir de l'anhydride acétique par la réaction, dans certaines conditions, de l'anhydride phosphorique. S'il en était ainsi, le chlorure d'acétyle, formé dans la réaction de M. Friedel, serait le résultat de l'acide chlorhydrique, non sur l'acide acétique lui-même, mais sur son anhydride, d'après la réaction que M. Gal a fait connaître précédemment. Je ne pense pas cependant que les choses se passent ainsi. Dans ce système, on a aussi le tort de négliger l'action réci-

---

([1]) *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 487.

proque de l'acide acétique et de l'anhydride phosphorique, ainsi que le produit ou les produits qui en dérivent. Au reste, l'action de l'anhydride phosphorique sur les hydroxydes en général, laquelle aboutit finalement, sous l'action de la chaleur, à une déshydratation souvent totale, est en réalité plus compliquée que son résultat final, représenté sur le papier par une équation régulière, ne le laisse voir. On saute au-dessus des produits intermédiaires pour ne considérer que le commencement et la fin de la réaction. Ce qui le prouve déjà, c'est que le rendement de ces sortes d'opérations est souvent très-faible et en général de loin fort inférieur au rendement théorique. Ici notamment, dans les expériences instituées par MM. Gal et Etard, le rendement a été minime; opérant avec *soixante* grammes d'acide acétique cristallisable, ces chimistes ne sont parvenus à recueillir que *trois* grammes d'anhydride acétique pur. Je reviendrai plus loin sur l'action exercée par l'anhydride phosphorique sur les composés *hydroxylés* en général.

A l'époque où M. Friedel publia sa notice sur l'éthérification chlorhydrique, en 1869, on était habitué à voir surtout, à ne voir guère dans les acides gras que des hydroxydes de radicaux négatifs; l'acide acétique était l'hydroxyde d'acétyle C_2H_3O-OH. Nous sommes, sous ce rapport, en progrès, nous nous habituons de plus en plus à pénétrer plus avant dans la structure et par là même dans les fonctions de ces sortes de composés; l'acide acétique est encore et toujours sans doute un hydroxyde, mais il n'est pas que cela, c'est tout à la fois, ainsi que l'exprime la formule

$$CH_3-C<^{O}_{OH},$$

un *oxyde* et un *hydroxyde*; et sous ce rapport, il se montre doublement attaquable par un anhydride acide. C'est à la lumière de cette idée générale qu'il convient d'examiner ce qui se passe entre l'anhydride phosphorique et l'acide acétique, c'est-à-dire un acide gras en général.

L'anhydrique phosphorique Ph_2O_5 peut être représenté par les formules

$$(PhO)_2O_5 \quad \text{ou} \quad (PhO_2)_2O.$$

suivant qu'on le rapporte à l'acide *ortho* ou à l'acide *méta*-phosphorique.

Il se combine aisément avec les oxydes basiques anhydres, en s'y ajoutant, pour former des sels, des *méta* d'abord et finalement des *ortho-phosphates*.

$$\overset{''}{RO} + Ph_2O_5 = \overset{''}{R}\ (PhO_3)_2$$

$$\overset{''}{3RO} + Ph_2O_5 = R_3\,(PhO_4)_2.$$

Il réagit aussi avec énergie sur les hydroxydes en général, pour former les acides correspondants, — c'est-à-dire leurs sels, avec les hydroxydes métalliques proprement dits. —

$$\begin{matrix} H\,(OH) \\ \\ 3H\,(OH) \end{matrix} + \begin{matrix} PhO_2 \\ PhO_2 \end{matrix} > O = \begin{matrix} PhO_2OH \\ PhO_2OH \\ PhO(OH)_3 \\ PhO\,(OH)_3 \end{matrix}$$

$$2KOH + \begin{matrix} PhO_2 \\ PhO_2 \end{matrix} > O = \begin{matrix} PhO_2\,(OK) \\ PhO_2\,(OK) \end{matrix} + H_2O.$$

L'analogie autorise à prévoir, et l'expérience confirme cette prévision, que l'anhydride phosphorique réagit dans le même sens, au degré d'énergie près, avec les oxydes et les hydroxydes des radicaux organiques, du moins des radicaux hydrocarbonés ordinaires. Je me contenterai de signaler le fait dans sa généralité, me proposant d'y revenir peut-être plus tard dans une communication spéciale et d'une manière détaillée.

On sait déjà d'ailleurs que l'anhydride sulfurique se combine avec l'acide acétique; la réaction de ces deux corps est accompagnée d'un dégagement de chaleur considérable; il en résulte finalement une masse épaisse, sans couleur quand l'opération a été faite prudemment, n'exhalant plus d'odeur acétique et qui avec l'eau régénère l'acide acétique et fournit de l'acide sulfurique (Melsens) (1).

---

(1) *Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, t. XVI, année 1843.

L'acide acétique, en sa qualité d'oxyde et d'hydroxyde, peut subir doublement l'action de l'anhydride phosphorique.

En sa qualité d'oxyde, il peut s'ajouter à l'anhydride phosphorique, en formant un phosphate, et pour n'envisager que le cas le plus simple, un métaphosphate.

$$CH_3 - C < {O \atop OH} + Ph_2O_5 = CH_3 - C < {PhO_3 \atop PhO_3 \atop OH.}$$

$$CH_3 - C < {O - Ph_2O_5 \atop OH.}$$

En sa qualité d'hydroxyde, il peut former de l'acide métaphosphorique et le métaphosphate correspondant

$$H(OH) + Ph_2O_5 = HPhO_3 + HPhO_3.$$

$$CH_3 - C < {PhO_3 \atop PhO_3 \atop OH} + Ph_2O_5 = HPhO_3 + CH_3 - C < {PhO_3 \atop PhO_3, \atop PhO_3}$$

c'est-à-dire en fin de compte le *phosphate* — métaphosphate — d'*éthényle,* de la même manière qu'avec un oxy-hydroxyde inorganique on obtient le composé correspondant; tel serait, par exemple, le cas avec les oxy-hydroxydes d'antimoine et de bismuth.

$$R''' < {OH \atop O} + 2Ph_2O_5 = R'''(PhO_3)_3 + HPhO_3.$$

Ce phosphate d'éthényle n'est autre chose qu'un anhydride *acéto-phosphorique;* il renferme en effet les éléments de ces deux anhydrides

$$2CH_3 - C < {PhO_3 \atop PhO_3 \atop PhO_5} = {CH_3 - CO \atop CH_3 - CO} > O + 3Ph_2O_5$$

et plus simplement ceux de l'anhydride acéto-métaphosporique et de l'anhydrique phosphorique

$$CH_3 - C < {PhO_3 \atop PhO_5 \atop PhO_5} = (CH_3 - CO)PhO_3 + Ph_2O_5.$$

Quoi qu'il en soit, c'est évidemment un corps analogue de composition à l'anhydride *acéto-silicique*, qu'ont fait connaître MM. Friedel et Ladenburg dans le cours de leurs belles et classiques recherches sur les composés siliciques (¹)

$$Si(C_2H_3O_2)_4 = \begin{matrix} Si \\ (C_2H_3O)_4 \end{matrix} > O_4 = \begin{matrix} (CH_3 - C)_4 \\ Si \end{matrix} > O_8.$$

L'analogie de composition de ces deux corps autorise à conclure à l'analogie de leurs propriétés.

Les différences que l'on peut constater entre eux, sous ce rapport, de même que, sous le rapport de leur mode de production, tiennent à la différence qui existe entre leurs anhydrides minéraux, SiO_2 et Ph_2O_5.

Chauffé, l'anhydride silico-acétique se dédouble dès 160° à 170°, à la façon des anhydrides mixtes, en anhydride silicique qui forme une masse boursouflée et en anhydride acétique qui distille (²).

Il en sera de même de l'anhydride acéto-phosphorique, qui se dédoublera aussi en anhydride phosphorique et en anhydride acétique. Mais cette réaction qui est nette avec l'anhydride acéto-

---

(¹) *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, t. VII, p. 213 (1867).

(²) C'est par une réaction analogue que se forme, à mon sens, l'anhydride azotique dans le procédé si élégant et à la fois si pratique indiqué par M. Berthelot (*).

Ce procédé revient finalement à déshydrater l'acide azotique par l'anhydride phosphorique. On introduit celui-ci par petites portions successives dans de l'acide azotique fumant soigneusement refroidi; puis on distille la masse à une douce chaleur.

On peut admettre qu'il se forme, par la réaction des composés mis en présence, de l'acide métaphosphorique et de l'anhydride azoto-phosphorique

$$O{=}AzO{-}OH + \begin{matrix} O{=}PhO \\ O{=}PhO \end{matrix} > O = \begin{matrix} O{=}AzO \\ O{=}PhO \end{matrix} > O + O{=}PhO{-}OH$$

lequel, sous l'action de la chaleur, se dédouble dans les anhydrides correspondants

$$2\begin{matrix} O{=}AzO \\ O{=}PhO \end{matrix} > O = \begin{matrix} O{=}AzO \\ O{=}AzO \end{matrix} > O + \begin{matrix} O{=}PhO \\ O{=}PhO \end{matrix} > O.$$

(*) *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, t. XXI, p. 53.

silicique parce que l'anhydrique silicique ne s'hydrate pas directement et ne constitue nullement un agent de déshydratation, ne peut l'être dans le cas présent. L'anhydride acétique $(C_2H_3O)_2O$ renferme, ainsi que le montre sa formule brute $C_4H_6O_3$, du carbone plus les éléments de l'eau; en présence d'un agent déshydratant aussi puissant que Ph_2O_5, et de plus à chaud, il est carbonisé rapidement. Le rendement très-faible en anhydride acétique constaté dans les expériences de MM. Gal et Etard, trouve dans cet ordre d'idées une explication naturelle.

Avec l'alcool, l'anhydride silico-acétique fournit de la silice gélatineuse et de l'acétate d'éthyle

$$\begin{matrix} C_2H_3O \\ Si \end{matrix} > O_4 + (C_2H_5OH)_4 = [C_2H_5O\,(OC_2H_5)]_4 + Si\,(OH)_4.$$

J'ai constaté expérimentalement que le produit de l'action de l'anhydride phosphorique sur l'acide acétique, produit dans lequel j'admets l'existence de l'anhydride acéto-phosphorique, se comporte de la même manière et fournit avec l'alcool ordinaire, de l'acétate d'éthyle. La réaction est nette; l'introduction de l'alcool dans le liquide acéto-phosphorique détermine un échauffement notable; à la distillation, il passe abondamment de l'éther acétique pur. C'est une expérience de leçon facile et intéressante à réaliser.

Quelle sera l'action de l'acide chlorhydrique sur un composé de la nature de l'anhydride silico-acétique?

On sait, à la suite des expériences de M. Gal, que sous l'action de l'acide chlorhydrique gazeux, l'anhydride acétique fournit à la fois de l'acide acétique et du chlorure d'acétyle

$$\begin{matrix} C_2H_3O \\ C_2H_3O \end{matrix} > O + HCl = \begin{matrix} (C_2H_3O)\,OH \\ (C_2H_3O)\,Cl. \end{matrix}$$

Dans les mêmes conditions, un anhydride mixte fournira un acide libre et un chlorure d'acide. Mais comment vont se répartir les radicaux (OH) et Cl sur les radicaux négatifs de l'anhydride mixte? quel sera l'acide et quel sera le chlorure obtenu?

L'expérience n'a pas donné jusqu'ici de réponse à cette ques-

tion; le mémoire de M. Friedel n'indique pas en effet comme se partage sous l'action de l'acide HCl gazeux, son anhydride acéto-silicique et il n'a pas été en mon pouvoir de vérifier moi-même cette réaction. Mais je ne doute pas que l'on n'obtienne de l'acide silicique et du chlorure d'acétyle. Conformément à l'équation

$$\begin{matrix} Si \\ C_2H_3O \end{matrix} > O_4 + 4HCl = Si\,(OH)_4 + 4C_2H_3O, Cl.$$

L'anhydride silicique n'est en effet que le silicate d'acétyle, une sorte d'éther; or ceux-ci, sous l'action de l'acide chlorhydrique, se transforment, d'une manière générale, en acide libre et en chlorure d'alcool.

L'analogie autorise donc à admettre que, sous l'action de l'acide chlorhydrique, l'anhydride acéto-phosphorique se transformera en acide phosphorique et en chlorure d'acétyle.

Tel est, selon moi, le mécanisme véritable de la réaction ingénieuse imaginée par M. Friedel pour transformer les acides organiques en leurs chlorures.

ÉTHÉRIFICATION SULFURIQUE.

Les acides organiques, du moins bon nombre d'entre eux, s'éthérifient, comme l'on sait, sous l'action de l'acide sulfurique. On distille un mélange, fait en proportions déterminées, d'acide sulfurique concentré, d'alcool et de l'acide à éthérifier. Cette méthode, dont il serait difficile d'indiquer l'inventeur et de déterminer l'ancienneté, a été employée, dès 1835, par MM. Dumas et Peligot pour préparer divers éthers méthyliques, l'acétate, l'oxalate, le benzoate, etc. (1).

Il est aussi difficile de dire, en l'absence de faits suffisants, jusqu'où il est possible d'étendre l'application de ce procédé; il est propre, en tout cas, à préparer les éthers volatils, ceux du

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, t. LVIII, pp. 44 et suivantes.

moins qui correspondent aux alcools les moins carbonés et aux acides exclusivement acides.

La nécessité où l'on est de distiller pour séparer l'éther formé, restreint le nombre des produits à la préparation desquels cette réaction peut convenir; l'acide sulfurique concentré et chaud oxyde aisément les composés organiques; il est donc nécessaire que l'éther ait disparu, chassé par la chaleur, avant le moment où cette oxydation peut commencer.

L'acide sulfurique retient de plus les acides-alcools en s'y combinant; on devine donc que les éthers peu volatils et ceux qui possèdent, du chef de l'acide auxquels ils répondent, le caractère alcool, ne peuvent être obtenus de cette manière.

Que se passe-t-il dans cette opération?

Avant d'aborder l'examen de cette question, constatons que les facteurs de cette éthérification peuvent être amenés à réagir les uns sur les autres dans trois conditions différentes :

a) Alcool sur mélange d'acide organique et d'acide sulfurique.

b) Acide organique sur mélange d'acide sulfurique et d'alcool.

c) Acide sulfurique sur mélange d'alcool et d'acide organique.

Nous choisirons, pour fixer les idées, la production, dans ces diverses conditions, de l'acétate d'éthyle.

A. *Alcool sur le mélange des acides acétique et sulfurique.* — On connaît, à la suite du travail de M. Melsens [1], l'action substituante que fait subir l'acide sulfurique à l'acide acétique

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ CH_3 \end{matrix} + SO_2 < \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} = \begin{matrix} COOH \\ | \\ CH_2\text{-}SO_2OH \end{matrix} + HOH.$$

Mais ce n'est là qu'une des phases, et même une dernière, d'une réaction complexe; avant de s'attaquer au chaînon $-CH_3$, l'acide sulfurique a porté son action sur le côté *carboxyle*

$$-C < \begin{matrix} O \\ OH \end{matrix}$$

de la molécule acétique.

---

[1] *Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers de l'Académie royale des Sciences de Bruxelles*, t. XVI, année 1843.

L'acide acétique s'échauffe considérablement alors que l'on y introduit avec précaution de l'acide sulfurique; la masse conserve sa transparence, mais elle devient épaisse et plus ou moins visqueuse, en même temps l'odeur acétique disparaît, mais on n'observe pas le moindre dégagement de gaz. Si l'on chauffe, le mélange noircit rapidement, et se charbonne, il se dégage de l'anhydride CO_2 et SO_2; mais il est inutile d'insister sur ces phénomènes accessoires.

L'anhydride acétique et l'anhydride sulfurique se comportent comme les acides eux-mêmes ; il n'y a de différence que dans un surcroît d'énergie de la réaction.

Si on laisse tomber dans l'eau, bien refroidie, le mélange sulfo-acétique, les deux acides se reproduisent sans modification aucune.

Il est incontestable qu'il se forme dans ces conditions une véritable combinaison entre les deux acides réagissants, combinaison disjointe par l'eau.

Quelle est la nature de celle-ci? La réponse à cette question est aisée à formuler, connaissant l'action qu'exerce l'acide sulfurique sur les oxydes et les hydroxydes alcooliques en général. On sait que l'acide sulfurique se combine vivement avec les hydroxydes alcooliques, de toute nature, pour former des acides sulfo-alcooliques $C_xH_y - HSO_4$; il en est de même avec les oxydes ou anhydrides des alcools polyatomiques quels qu'ils soient, même les aldéhydes et les acétones, la nature des produits de cette réaction, qui paraissent assez complexes, est à la vérité encore assez obscure, mais c'est là un fait accessoire, au point de vue qui nous occupe; le fait capital à constater est celui de la combinaison elle-même. Or l'acide acétique possède tout à la fois le caractère d'un hydroxyde et d'un oxyde, c'est en effet une sorte d'alcool tertiaire et en même temps un oxyde glycollique d'un genre spécial; à ce double titre il est susceptible d'entrer en réaction avec l'acide sulfurique pour s'y unir et donner un acide sulfoconjugué, *sulfate* ou *oxy-sulfate d'éthényle*

$$CH_3 - C < \begin{matrix} HSO_4 \\ O \end{matrix} \quad \text{ou} \quad CH_3 - C < \begin{matrix} HSO_4 \\ HSO_4 \\ HSO_4, \end{matrix}$$

et de l'eau qui reste associée à l'excédant de l'acide sulfurique lui-même.

En présence de l'alcool, cet acide mixte, sulfate ou oxysulfate d'éthényle, se décompose, conformément aux principes généraux en régénérant à l'état libre, l'acide le plus énergique, c'est-à-dire l'acide sulfurique, l'autre apparaissant sous forme d'éther

$$CH_3\text{-}C < {}^{HSO_4}_{O} + HOC_2H_5 = CH_3 < {}^{OC_2H_5}_{O} + HHSO_4.$$

L'éthérification dans ces conditions est aisée et rapide; c'est une expérience de leçon intéressante, instructive et facile à réaliser.

Il est inutile d'ajouter que l'addition de l'alcool au produit de l'action de l'anhydride sulfurique sur l'acide acétique détermine immédiatement la transformation de celui-ci en éther. Le mécanisme de cette réaction est le même que celui qui vient d'être indiqué.

Alors que l'éther organique formé est assez fortement carboné, celui-ci vient souvent former après quelques instants, une couche surnageante, distincte du liquide sulfurique, avant la distillation.

B. *Acide acétique sur le mélange de l'acide sulfurique et de l'alcool.* — Cette réaction revient en réalité à celle de l'acide acétique sur l'acide éthylo-sulfurique.

La distillation de cet assemblage produit également de l'acétate d'éthyle

$$C_2H_5OOH + C_2H_5\text{-}HSO_4 = C_5H_5OOC_2H_5 + H_2SO_4,$$

et régénère de l'acide sulfurique de la même manière que l'on obtient, dans les mêmes conditions, un éther simple, si l'on fait intervenir, au lieu d'un acide, un alcool.

La théorie de l'opération est simple : sont en présence, l'acétate d'hydrogène et le sulfate mono-éthylique, conformément aux principes généraux; il doit s'établir un échange entre les radicaux *fonctionnellement*, mais non *qualitativement et thermiquement* équivalents, H et C_2H_5, dans le but d'associer le plus positif H au résidu halogénique le plus négatif HSO_4.

C'est là aussi une expérience de leçon aisée à réaliser. On fait tomber dans un mélange légèrement chauffé d'acide sulfurique et d'alcool un filet d'acide acétique. On recueille abondamment celui-ci à l'état d'éther.

C. *Acide sulfurique sur mélange d'acide acétique et d'alcool.* — Ces conditions nous ramènent à peu près à la réaction de l'acide chlorhydrique sur un mélange d'acide et d'alcool.

La mono-éthyline éthénylique formée

$$C_2H_4O_2 + C_2H_6O = CH_3\text{-}C \begin{cases} OH \\ OH \\ OC_2H_5 \end{cases}$$

s'éthérifie au contact de l'acide sulfurique en produisant, à côté de l'eau,

$$CH_3\text{-}C \begin{cases} HSO_4 \\ OH \\ OC_2H_5, \end{cases}$$

composé qui sous l'action de la chaleur se dédouble en donnant de l'acide sulfurique et l'anhydride correspondant

$$CH_3\text{-}C \begin{cases} O \\ OC_2H_5, \end{cases}$$

c'est-à-dire l'acétate d'éthyle. On sait en effet que tous les dérivés sulfuriques de cette nature, notamment les produits de la combinaison des *acétones* et des *aldéhydes* avec l'acide sulfurique,

$$CH_3\text{-}C \begin{cases} HSO_4 \\ OH \end{cases} \quad CH_3 > C \begin{cases} HSO_4 \\ OH, \end{cases}$$

chauffés avec de l'eau, se dédoublent en acide sulfurique et en anhydride, c'est-à-dire en *aldéhyde* ou en *acétone*.

Quelles que soient donc les circonstances dans lesquelles ils ont été présentés l'un à l'autre, un mélange, en proportions équivalentes, d'acide sulfurique, d'alcool et d'acide acétique, fournit de l'acétate d'éthyle.

Remarquons en finissant que l'action de l'acide sulfurique sur un mélange d'acide acétique et d'alcool peut être assimilée au fond à celle de ce même acide sur l'alcool ou sur un mélange de

deux alcools différents. Ainsi constate-t-on, comme l'a déjà fait voir M. Eghis [1], que l'éthérification acétique, comme celle de l'alcool ordinaire, et dans les mêmes conditions, peut-être prolongée pendant longtemps, à l'aide d'une même quantité primordiale d'acide sulfurique.

ÉTHÉRIFICATION PHOSPHORIQUE.

Ainsi que je l'ai déjà dit, l'anhydride phosphorique se comporte vis-à-vis des acides gras, et notamment vis-à-vis de l'acide acétique, comme l'anhydride sulfurique, et constitue pour ces acides un puissant agent d'éthérification.

Projeté dans l'acide acétique cristallisable, par petites portions successives, l'anhydride phosphorique y détermine un échauffement notable; aussi est-il nécessaire de refroidir énergiquement; le mélange forme une masse épaisse, visqueuse qui reste blanche, si l'on a opéré avec précaution.

J'ai analysé plus haut ce qui se passe, à mon sens, dans cette opération entre les corps réagissants. J'admets qu'il se forme, dans ces conditions, des combinaisons acéto-phosphoriques, *méta* ou *ortho*.

Quoi qu'il en soit, l'introduction de l'alcool dans cette masse y détermine un dégagement de chaleur considérable; et l'on recueille à la distillation de l'éther acétique en abondance, et parfaitement pur.

Cette opération peut aisément s'exécuter dans une leçon et constitue une expérience aussi intéressante qu'instructive. Je n'ai pas constaté que les acides *ortho* et *méta-phosphoriques* pussent, comme l'acide sulfurique, favoriser le travail d'éthérification de l'acide acétique.

---

[1] *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin*, t. VI, p. 1176, année 1873.

Je n'ai pas constaté non plus que l'anhydride borique se combinât directement à l'acide acétique et pût servir, comme d'autres, à favoriser l'éthérification de celui-ci.

Nous pouvons dire, en résumé :

1° Que les anhydrides mixtes organo-inorganiques se décomposent, sous l'action des alcools, du moins des alcools monoatomiques, en donnant, à l'état de liberté, l'oxacide minéral, et l'acide organique à l'état d'éther;

2° Que ces anhydrides mixtes, complets ou incomplets, peuvent quelquefois se produire par voie directe, notamment ceux qui correspondent à des acides minéraux énergiques, par la réaction de leurs anhydrides, tels que SO_3, Ph_2O_5, sur les acides organiques ou leurs anhydrides, tels que l'acide et l'anhydride acétiques.

ÉTHÉRIFICATION CARBONIQUE.

A l'occasion de l'éthérification par les acides, je crois devoir revenir un instant sur une réaction déjà bien ancienne, puisqu'elle date de 1833, réaction qui, quoique réalisée dans un tout autre but, constitue cependant aussi une méthode d'éthérification de certains acides organiques.

L'acétate potassique se dissout aisément dans l'alcool absolu; alors que l'on fait passer dans cette solution un courant d'anhydride carbonique sec, ainsi que l'a constaté Pelouze [1], il se dépose après quelque temps du carbonate potassique et il se forme de l'éther acétique.

Ce genre de réaction est général, applicable du moins à tous les acides dont les sels potassiques sont solubles dans l'alcool, et c'est le cas pour tous les acides gras, à part l'acide formique.

---

[1] *Annalen der Pharmacie*, t. V, p. 265 (1863).

C'est une méthode d'éthérification spéciale et que je désignerai sous le nom d'*éthérification carbonique.*

Le mécanisme de cette réaction est, selon moi, le suivant.

Je crois d'abord pouvoir admettre que l'acétate potassique, composé équivalent, au fond, à l'acide acétique lui-même, s'unit comme celui-ci à l'alcool, formant ainsi le composé *éthényl-lique*

$$CH_3\text{-}C \left\langle \begin{matrix} OK \\ OH \\ OC_2H_5 \end{matrix} \right.$$

sorte de glycol monopotassé.

L'anhydride carbonique s'ajoute, comme l'on sait, tant aux oxydes métalliques qu'à leurs hydroxydes et même aux dérivés alcooliques de ceux-ci, quelle qu'en soit la nature, c'est-à-dire, aux alcools potassés, sodés, etc., pour former des carbonates de composition diverse

$$CaO + CO_2 = CO < \begin{matrix} O \\ O \end{matrix} > Ca$$

$$KOH + CO_2 = CO < \begin{matrix} OK \\ OH \end{matrix}$$

$$NaOC_2H_5 + CO_2 = CO < \begin{matrix} ONa \\ OC_2H_5 \end{matrix}.$$

Or, l'acétate potassique, en solution dans l'alcool, représente en fin de compte, ainsi que je viens de le dire, une sorte d'*alcool monopotassé* de composition particulière

$$CH_3 - \overset{\overset{OH}{|}}{\underset{\underset{OC_2H_5}{|}}{C}} - (OK)$$

L'anhydride carbonique en s'y ajoutant détermine un *carbonate éthénylo-potassique* assez complexe de la formule

$$CH_3 - \overset{\overset{OH}{|}}{\underset{\underset{OC_2H_5}{|}}{C}} - O - CO\,(OK),$$

lequel se dédouble en *carbonate monopotassique* $CO < {}^{OK}_{OH}$ *et en oxy-éthyline éthénylique,* c'est-à-dire en acétate d'éthyle.

L'insolubilité dans l'alcool du carbonate potassique intervient ici pour déterminer ou tout au moins pour faciliter ce dédoublement.

L'acide carbonique proprement dit $(HO)_2$ CO n'existant pas, on conçoit qu'il ne puisse réagir sur l'*oxy-éthyline éthénylique* elle-même $C_2H_4O_2 + C_2H_6O$ à la façon des anhydrides SO_2, Ph_2O_5, etc., mais seulement sur son dérivé métallique, l'acétate potassique dans l'alcool.

SECONDE PARTIE.

ÉTHÉRIFICATION DE L'ACIDE AZOTIQUE.

L'éthérification des acides organiques sous l'action de l'acide sulfurique m'amène à traiter de celle de l'acide azotique. On verra plus loin comment ces opérations si distinctes en apparence se rapprochent naturellement au fond. Remarquons dès à présent que l'acide azotique et l'acide acétique, les acides gras en général, possèdent, malgré la différence si considérable de leurs propriétés sous divers rapports, une constitution analogue; ce sont prochainement des *hydroxydes de radicaux monoatomiques négatifs,* mais en même temps ce sont au fond des *oxy-hydroxydes de radicaux triatomiques.*

Les formules suivantes expriment ces rapprochements intéressants :

$C_2H_4O_2$	$C_2H_3O'-HO$	$CH_3-C'''<^{O}_{OH}$
Ac. acétique.	*Hydroxyde d'acétyle.*	*Oxy-hydroxyde d'éthényle.*
$HAzO_3$	$AzO_2'-OH$	$OAz'''<^{O}_{OH}$
Ac. azotique.	*Hydroxyde de nitryle.*	*Oxy-hydroxyde de nitrosyle.*

Les éthers nitriques offrent, sous divers rapports, un intérêt tout particulier parmi les éthers des acides minéraux en général.

L'acide nitrique est d'abord et certainement un de ceux qui s'éthérifient le plus aisément; ainsi que le constatent les expériences de M. Berthelot, les réactions de cet acide sur les alcools sont *exothermiques* et sous ce rapport les alcools sont parfaitement assimilables aux hydroxydes minéraux basiques. L'action éthérifiante de l'acide nitrique est en outre générale et complète. Elle est *générale* en ce sens qu'aucun composé alcoolique n'y échappe; aussi n'est-il pas de réactif d'un emploi plus avantageux pour mettre en évidence le caractère alcoolique de certains composés organiques à fonctions multiples, où le caractère alcool se dérobe en quelque sorte devant un autre caractère prédominant. J'ai attiré précédemment sur ce fait l'attention des chimistes et j'en ai profité pour préparer un bon nombre de dérivés nitriques, simples et mixtes, d'alcools polyatomiques, d'éthers-alcools ou d'acides-alcools. Je dis en même temps que cette action éthérifiante est *complète*, car, dans la plupart des cas, ce sont des éthers nitriques neutres qui en résultent, quelle que soit l'atomicité du composé alcoolique, c'est-à-dire que quel que soit le nombre des hydroxyles alcooliques (OH) qui s'y rencontrent, ceux-ci sont, en général, remplacés par un nombre identique de résidus halogéniques (AzO_3).

Mais si l'action éthérifiante de l'acide nitrique est vive, rapide et complète, cette action, alors que l'on fait usage de l'acide nitrique seul, est difficile dans bien des cas à régler et le produit souvent malaisé à isoler. L'acide que l'on peut employer dans un but d'éthérification est de l'acide azotique concentré; un tel acide est en même temps un puissant agent d'oxydation, d'autant plus énergique que l'oxygène qu'il renferme abondamment s'y trouve, grâce à la quantité de calorique qu'il a absorbée pour se combiner à l'azote, dans un véritable état d'exaltation chimique; aussi à la faveur du dégagement de chaleur qui accompagne la réaction elle-même, celle-ci se continue-t-elle bientôt, comme action oxydante, sur l'éther produit, donnant naissance à des composés nouveaux et variés, au milieu d'un dégagement plus ou moins vif de vapeurs rutilantes. On connaît les moyens

employés pour se débarrasser de celles-ci, les détruire ou même éviter leur formation. Ajoutons encore que les éthers nitriques sont solubles dans l'acide nitrique lui-même, et souvent dans l'eau acidulée d'acide nitrique ; aussi, lorsque ces éthers ne sont pas très-volatils, comme c'est le cas pour ceux d'entre eux qui correspondent aux alcools les moins carbonés, il devient difficile de les séparer de l'excédant d'acide employé.

A la place de l'acide azotique seul, on fait usage aujourd'hui, pour obtenir un grand nombre de dérivés nitriques, de cet acide associé en certaines proportions à l'acide sulfurique. Nous désignerons désormais ce mélange, ou plutôt, pour ne rien préjuger quant à sa nature, cet assemblage des deux acides, sous le nom d'acide *azoto* ou *nitro-sulfurique*.

Le mode opératoire est des plus simples. Dans l'acide azoto-sulfurique, convenablement refroidi, on introduit par petites portions successives, en ayant soin d'agiter la masse liquide, le composé alcoolique à éthérifier. L'éthérification de celui-ci est rapide, instantanée, peut-on dire, et, en général, totale.

Ordinairement l'éther nitrique formé, qu'il soit liquide ou ce qui est quelquefois le cas, solide, est insoluble, non-seulement dans l'eau, mais aussi dans le mélange azoto-sulfurique, au-dessus duquel il se rassemble sous forme de couche huileuse surnageante. Ces circonstances facilitent considérablement dans la pratique la séparation et la purification du produit.

Cette méthode, dont l'exécution n'est entourée d'aucune difficulté, permet, ainsi que je l'ai déjà dit, de transformer en leurs éthers nitriques, et en général en éthers complets, des composés organiques alcooliques de toute atomicité et de toute fonction. Elle paraît être d'origine assez ancienne ; il serait même assez difficile de dire avec certitude à qui revient le mérite de l'avoir fait connaître. Peut-être est-ce M. Cahours, à qui la chimie organique est déjà redevable de l'introduction, dans l'arsenal de ses réactifs usuels, du pentachlorure de phosphore, qui le premier a fait usage de l'acide azoto-sulfurique ; il est bon d'ajouter que c'était en tout cas pour obtenir ce que l'on appelle aujourd'hui

des dérivés *nitrés aromatiques* (1). Quoi qu'il en soit, en 1847, Sobrero obtint de cette façon, pour la première fois, la *glycérine-tri-nitrique* $C_3H_5(AzO_3)$ que l'on appelle encore, si improprement, aujourd'hui, *nitro-glycérine*. Peu auparavant, Schönbein avait préparé la *nitro-cellulose* et proposé plus tard avec Knop de joindre l'acide azotique à l'acide sulfurique.

Quel que soit l'inventeur de cette méthode et quel qu'en soit l'emploi, il est vrai de dire que l'on ne s'est guère occupé jusqu'ici d'en donner la théorie. Dans la plupart des ouvrages de chimie organique, sans en excepter les plus récents et les plus complets, on n'en trouve pas même d'essai.

L'idée qui a guidé le chimiste qui le premier fit usage de l'acide *azoto-sulfurique*, paraît avoir été de renforcer l'action de l'acide azotique en portant celui-ci à son degré maximum de concentration par l'addition d'un agent puissant de déshydratation. Mais tel ne peut pas être le rôle de l'acide sulfurique et là ne peut pas se borner son action; la différence est grande entre les propriétés de l'acide azotique seul et celles de l'acide azoto-sulfurique; elle ne l'est pas moins entre leur mode d'action. Il se passe d'ailleurs entre l'acide sulfurique et l'acide azotique des phénomènes chimiques dont il importe de tenir compte.

A mon sens, ces acides ne font pas que se mélanger, mais se combinent; on trouve la preuve de cette combinaison dans les phénomènes physiques qui accompagnent le mélange des deux acides et dans la stabilité particulière du produit mixte qui en résulte.

Au moment où l'on mélange l'acide azotique avec l'acide sulfurique, il se dégage une quantité de chaleur extérieurement fort sensible. En mélangeant 32 grammes d'acide azotique fumant, avec 50 grammes d'acide sulfurique anglais distillé pur, ce qui équivaut à peu de chose près, à des quantités correspondantes aux poids moléculaires de ces deux corps, la température de la

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique* [3], t. XXV, p. 5.

masse s'est élevée de 16°; la température extérieure était de 19°. Le dégagement de chaleur n'a pas varié pour une quantité double d'acide sulfurique.

On sait combien est altérable à la lumière l'acide azotique fumant; or il n'en est plus de même alors qu'il est associé à l'acide sulfurique; la présence de celui-ci lui communique une stabilité particulière; aussi l'acide azoto-sulfurique, qui est naturellement incolore, se conserve-t-il indéfiniment comme tel.

Je crois donc pouvoir admettre que l'acide azotique, à la fois oxyde et hydroxyde, comme l'acide acétique, se combine avec l'acide sulfurique et pour le même motif, donnant naissance par là vraisemblablement à de l'oxy-sulfate de nitrosyle, sulfate de nitryle

$$AzO\left\langle\begin{matrix}O\\HSO_4\end{matrix}\right. \qquad \text{ou} \qquad \begin{matrix}AzO\\AzO\end{matrix}\left\langle\begin{matrix}O\\SO_4\\O\end{matrix}\right.$$

peut-être à des sulfates de nitrosyle lui-même

$$AzO'''(HSO_4)_3 \qquad \text{ou} \qquad (AzO)_2'''(SO_4)_3,$$

sans doute à ces diverses combinaisons à la fois, existant à l'état de mélange, en des quantités variables, dépendant des rapports suivant lesquels les acides générateurs ont été présentés l'un à l'autre.

Les combinaisons *nitro* ou *azoto-sulfuriques*, ou *sulfoniques*, comme quelques chimistes les appellent encore, sont d'ailleurs des composés connus depuis longtemps déjà; il s'en forme dans des conditions diverses, soit par l'action de l'acide sulfurique ou de l'acide sulfureux sur l'acide azotique et ses produits de réduction les plus prochains, Az_2O_4, Az_2O_3, etc. Toutes ces combinaisons, dont quelques-unes sont bien définies et susceptibles de cristalliser, répondent en fin de compte, aux divers sulfates des métaux alcalins où ceux-ci seraient remplacés par le radical *nitrosyle* AzO ou *nitryle* AzO_2.

Quoi qu'il en soit, l'action que doit exercer un alcool sur

l'acide azoto-sulfurique doit être la même que celle qu'en ressent l'acide acéto-sulfurique ; conformément aux principes généraux, l'acide le plus énergique se transforme en sel d'hydrogène, c'est-à-dire, se régénère à l'état de liberté ; l'acide moins énergique apparait à l'état de sel d'alcool, c'est-à-dire d'éther

$$C_2H_5OH + \begin{matrix} AzO\left\langle\begin{matrix}O\\HSO_4\end{matrix}\right. \\ CH_3\text{-}C\left\langle\begin{matrix}O\\HSO_4\end{matrix}\right. \end{matrix} = HHSO_4 + \begin{matrix} AzO\left\langle\begin{matrix}O\\OC_2H_5\end{matrix}\right. \\ CH_3\text{-}C\left\langle\begin{matrix}O\\OC_2H_5\end{matrix}\right. \end{matrix}$$

éther azotique ou éther d'acide organique.

RECHERCHES

SUR LES

DÉRIVÉS GLYCÉRIQUES,

PAR

M. Louis HENRY,

Professeur de Chimie à l'Université catholique de Louvain.

SUR LES DÉRIVÉS DIALLYLIQUES.

SUR UN NOUVEL HYDROCARBURE NON SATURÉ,

HEXAVALENT,

LE DIALLYLÈNE C_6H_8.

J'ai fait connaître précédemment un hydrocarbure d'un genre nouveau, le *dipropargyle,* répondant à la formule C_6H_6 ou $C_3H_3—C_3H_3$ (1).

Cet hydrocarbure, isomère avec la *benzine* C_6H_6, mais totalement différent de celle-ci par ses propriétés, puisqu'il est *doublement acétylénique* et *octovalent,* résulte du diallyle C_6H_{10} par l'élimination d'une double molécule d'hydrogène

$$\begin{array}{ll} C_6H_{10} & C_6H_6 \\ C_3H_5 & C_3H_5 \\ | & | \\ C_3H_5 & C_3H_5 \end{array}$$

(1) *Bulletins de l'Académie royale des sciences de Belgique,* t. XXXVI, pp. 41 et suivantes; t. XXXVI, pp. 36 et suiv. (1873 et 1874).

J'ai cru pouvoir en représenter la constitution par la formule suivante

$$\begin{array}{c} CH \\ \equiv \\ C \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH \end{array}$$

qui en exprime fidèlement le mode de dérivation et les propriétés fondamentales.

Quoi qu'il en soit de sa structure intime, la molécule du dipropargyle, considérée en bloc, est constituée, comme celle du diallyle lui-même, de deux moitiés ou groupements identiques et symétriques, — C_3H_3

$$\left(\begin{array}{c} \overset{IV}{C_3H_3} \\ | \\ C_3H_3 \end{array}\right) \begin{array}{l} -H_2 \\ -H_2 \end{array} = \left(\begin{array}{c} \overset{VIII}{\overset{IV}{C_3H_3}} \\ | \\ \underset{IV}{C_3H_3} \end{array}\right)$$

l'un et l'autre tétravalents et acétyléniques.

Ces relations de composition et de propriétés nous font entrevoir l'existence d'un hydrocarbure C_6H_8, intermédiaire entre le diallyle et le dipropargyle, dérivant du diallyle par l'élimination d'une molécule d'hydrogène unique, molécule enlevée tout entière à un des radicaux constituants C_3H_5. Cet hydrocarbure répondrait ainsi à la formule

$$\begin{array}{c} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_5 \end{array}$$

et serait à la fois allylique comme le diallyle, acétylénique comme le dipropargyle, mais une fois seulement, et en somme hexaatomique, ainsi que l'indiquent ses relations de composition avec le diallyle et l'hexane

$$\begin{array}{ll} C_6H_{14} & \text{———} \ 0 \\ C_6H_{12} & \text{———} \ 2 \\ C_6H_{10} & \text{———} \ 4 \\ C_6H_8 & \text{———} \ 6 \\ C_6H_6 & \text{———} \ 8 \end{array}$$

Je me suis proposé de préparer ce nouvel hydrocarbure. Il est inutile de légitimer ce dessein : on voit suffisamment l'intérêt que peut offrir ce corps tant par ses propriétés que par sa composition, envisagée au point de vue de la théorie générale des combinaisons dites non saturées.

J'ai la satisfaction d'avoir réussi, du moins en une certaine mesure, dans les recherches que j'ai entreprises sur cet objet, et dont je viens rendre compte aujourd'hui.

Je ferai remarquer d'abord que, pour arriver à un hydrocarbure de la nature que je viens de définir, il n'est pas possible de prendre pour point de départ le diallyle lui-même. Il résulte en effet, tant du mode de production de ce corps que de l'ensemble de ses propriétés, qu'il est formé de deux moitiés symétriques et identiques C_3H_5, soudées ensemble. Il est impossible d'engager l'un de ces groupements C_3H_5 dans la série des réactions qui aboutissent finalement à l'élimination d'une molécule d'hydrogène, sans y engager simultanément l'autre.

Le diallyle est exclusivement tétraatomique ou, d'une manière plus précise encore, doublement biatomique [1]. L'impossibilité d'obtenir, par voie directe, un *bibrômure de diallyle*

$$\begin{array}{l} C_3H_5Bz_2 \\ | \\ C_3H_5 \end{array}$$

entraîne celle d'arriver au *diallyle monobrômé*

$$\begin{array}{l} C_3H_4Br \\ | \\ C_3H_5 \end{array}$$

lequel conduirait immédiatement, par la méthode ordinaire, la réaction des alcalis, à l'hydrocarbure mixte, allylo-propargylique, cherché

$$\begin{array}{l} C_3H_5 . \\ | \\ C_3H_5 \end{array}$$

---

[1] Je me propose de revenir, dans un travail spécial que je publierai prochainement, sur la véritable signification chimique et la constitution intime du diallyle.

J'avais pensé pouvoir obtenir le diallyle monobrômé par la voie de la synthèse, dans les mêmes conditions que le diallyle lui-même. Celui-ci peut être obtenu, comme l'on sait, par la réaction de l'iodure d'allyle sur l'iodure de mercur-allyle

$$C_3H_5Io + (C_3H_5-Hg-Io) = \begin{matrix} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_5 \end{matrix} + HgIo_2$$

L'iodure d'allyle monochloré ou monobrômé devrait fournir, par le même procédé, du diallyle monosubstitué

$$\begin{matrix} C_3H_4X \\ | \\ C_3H_5 \end{matrix}$$

Je n'ai pu réaliser cette réaction jusqu'ici, par la raison que je n'ai pas encore réussi à produire l'iodure d'allyle monochloré ou monobrômé; la réaction de l'iode et du phosphore, qui est extérieurement si simple sur l'alcool allylique, est fort complexe sur l'alcool allylique monobrômé; il se dégage abondamment des gaz acides, et l'on n'arrive pas à l'iodure allylique monosubstitué cherché. Peut-être le brômure d'allyle monobrômé, qui se prépare si aisément, pourrait-il être employé dans ce but, aussi fructueusement que l'iodure? Je ne puis le dire. Si j'en trouve plus tard le temps et l'occasion, je reviendrai volontiers sur ce genre de réactions.

J'ai cru plus simple, dans les conditions actuelles, de prendre pour point de départ, en l'absence du diallyle lui-même ou d'un de ses dérivés de substitution s'y rattachant directement, un composé équivalent, renfermant le radical allyle — C_3H_5 associé à un autre noyau tricarboné susceptible de fournir, dans des conditions déterminées, le fragment allylénique ou propargylique — C_3H_3, acétylénique comme l'allylène lui-même

$$\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH \end{matrix} \qquad \begin{matrix} | \\ CH_2 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH. \end{matrix}$$

On sait que l'acétone se transforme facilement, à la suite de l'élimination indirecte d'une molécule d'eau en allylène

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array} - H_2O = \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH \end{array}$$

et l'on sait de plus, par les recherches de M. G. Bruylants, que les acétones méthyliques, de la formule générale

$$\begin{array}{c} C_nH_x \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3, \end{array}$$

lesquelles ne sont, en fin de compte, que des produits de substitution de l'acétone ordinaire, se comportent de la même manière et fournissent des hydrocarbures acétyléniques

$$\begin{array}{c} C_nH_x \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH. \end{array}$$

L'acétone diméthylique mono-allylée

$$\begin{array}{c} C_3H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3. \end{array}$$

s'offrait donc à moi comme susceptible de fournir un hydrocarbure renfermant, à côté du radical *allyle* C_3H_5, et soudé à celui-ci, le fragment allylénique C_3H_3

$$\begin{array}{c} | \\ CH_2 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH. \end{array}$$

C'est là en réalité le composé qui m'a servi de point de départ.

J'avais pensé pouvoir obtenir le diallyle monobrômé par la voie de la synthèse, dans les mêmes conditions que le diallyle lui-même. Celui-ci peut être obtenu, comme l'on sait, par la réaction de l'iodure d'allyle sur l'iodure de mercur-allyle

$$C_5H_5Io + (C_5H_5-Hg-Io) = \begin{matrix} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_5 \end{matrix} + HgIo_2$$

L'iodure d'allyle monochloré ou monobrômé devrait fournir, par le même procédé, du diallyle monosubstitué

$$\begin{matrix} C_5H_4X \\ | \\ C_5H_5 \end{matrix}$$

Je n'ai pu réaliser cette réaction jusqu'ici, par la raison que je n'ai pas encore réussi à produire l'iodure d'allyle monochloré ou monobrômé; la réaction de l'iode et du phosphore, qui est extérieurement si simple sur l'alcool allylique, est fort complexe sur l'alcool allylique monobrômé; il se dégage abondamment des gaz acides, et l'on n'arrive pas à l'iodure allylique monosubstitué cherché. Peut-être le brômure d'allyle monobrômé, qui se prépare si aisément, pourrait-il être employé dans ce but, aussi fructueusement que l'iodure? Je ne puis le dire. Si j'en trouve plus tard le temps et l'occasion, je reviendrai volontiers sur ce genre de réactions.

J'ai cru plus simple, dans les conditions actuelles, de prendre pour point de départ, en l'absence du diallyle lui-même ou d'un de ses dérivés de substitution s'y rattachant directement, un composé équivalent, renfermant le radical allyle — C_3H_5 associé à un autre noyau tricarboné susceptible de fournir, dans des conditions déterminées, le fragment allylénique ou propargylique — C_3H_3, acétylénique comme l'allylène lui-même

$$\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH \end{matrix} \qquad \begin{matrix} | \\ CH_2 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH. \end{matrix}$$

geante. Le liquide aqueux renferme en dissolution le carbonate potassique avec un peu d'alcool

$$\begin{array}{l} CO-(OC_2H_5) \\ | \\ CH-C_3H_5 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array} + 2KOH = \begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3. \end{array} + CO < \begin{array}{l} OK \\ OK \end{array} + C_2H_5-OH$$

Dans ces conditions, il ne se produit que de très-faibles quantités d'acide allyl-acétique $C_3H_5-CH_2-CO-OH$. Celui-ci reste d'ailleurs dissous dans l'eau employée, à l'état de sel potassique. L'addition de l'acide chlorhydrique l'en sépare sous forme d'huile surnageante.

On sépare facilement l'acétone allylée de l'alcool avec lequel elle s'obtient mélangée dans cette opération; quelques distillations, un lavage à l'eau et une dessiccation par le chlorure calcique l'amènent dans un état de pureté absolue.

Pour la transformer en hydrocarbure acétylénique $\begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_5 \end{array}$, j'ai soumis l'acétone allylée au système ordinaire des réactions qui permettent d'éliminer, en fin de compte, une molécule d'eau du double chaînon acétonique

$$\begin{array}{l} | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array} - H_2O = \begin{array}{l} | \\ C \\ \|\| \\ CH, \end{array}$$

action du pentachlorure de phosphore, suivie de celle des alcalis caustiques sur le produit qui en résulte.

On laisse tomber l'acétone par petites portions successives sur le pentachlorure; on prend de chacun des corps des quantités qui correspondent à leurs poids moléculaires.

L'action est vive et énergique, dès la température ordinaire, mais parfaitement régulière; comme dans toutes les réactions de ce genre, il se dégage abondamment, pendant tout le cours de l'opération, de l'acide chlorhydrique. Le produit liquide qui en

résulte, mélange d'oxy-chlorure de phosphore et du composé acétonique chloré reste parfaitement blanc

$$\begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array} + PhCl_5 = \begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} + PhOCl_3$$

$$\begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_5Cl_2 \end{array} = \begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_4Cl \end{array} + HCl.$$

On détruit par l'eau l'oxychlorure de phosphore en évitant toutefois que la masse s'échauffe notablement, ce par quoi elle noircit, et l'on dessèche sur du chlorure de calcium le produit liquide restant. Soumis à la distillation, celui-ci passe en grande partie au-dessous de 135°; vers la fin, le thermomètre s'élève jusque vers 160°; cette dernière partie de l'opération est accompagnée d'une certaine décomposition, il se dégage de l'acide chlorhydrique.

Ainsi que le fait déjà prévoir le dégagement constant du gaz chlorhydrique pendant l'action du pentachlorure sur l'acétone, le produit brut de l'opération est formé de deux composés chlorés distincts, du dérivé acétonique bichloré

$$\begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} \qquad \begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_5Cl_2 \end{array}$$

produit immédiat de l'opération, et du composé qui en résulte par suite de l'élimination de l'acide chlorhydrique

$$\begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_4Cl. \end{array}$$

Le premier ne représente que la cinquième partie environ de la quantité totale d'acétone employée.

Par des distillations répétées, on parvient à séparer nettement ces deux corps.

Je ne m'arrêterai que fort peu au composé bichloré

$$\begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

ou *méthyl-chloracétol allylé,* par la raison qu'il n'offre qu'un intérêt médiocre et que je ne suis pas parvenu à l'obtenir dans un état de pureté complet.

Il constitue un liquide incolore, d'une odeur et d'une saveur piquantes. Il bout vers 150° en se décomposant partiellement.

Il est insoluble dans l'eau, au fond de laquelle il tombe; il est, comme tous les composés de cette nature, promptement altéré; aussi devient-il rapidement acide et fumant à l'air humide. Sa décomposition est complète par l'eau à chaud, ou par l'acide sulfurique au contact duquel il dégage abondamment de l'acide chlorhydrique. L'acétone monoallylée est régénérée dans ces diverses circonstances.

Chauffé avec de la potasse caustique en solution alcoolique dans un appareil à reflux ou distillé sur de la potasse caustique solide, il perd une molécule d'acide chlorhydrique et il se transforme dans le composé monochloré C_6H_9Cl ou

$$\begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_4Cl \end{array}$$

Quant à ce composé monochloré, qui est le produit principal de l'action du pentachlorure de phosphore sur l'acétone allylée, ce n'est, ainsi que sa formule et son mode de dérivation l'indiquent, que du *diallyle monochloré.* C'est sous ce nom que je le désignerai désormais.

Le *diallyle monochloré* C_6H_9Cl constitue un liquide incolore, mobile, d'une limpidité parfaite, plus léger que l'eau et insoluble dans celle-ci, soluble dans l'alcool et l'éther; d'une odeur et d'une saveur piquantes. Sa densité à 18°2 est égale à 0,9197.

Il bout sous la pression ordinaire vers 120°, sans décomposition.

résulte, mélange d'oxy-chlorure de phosphore et du composé acétonique chloré reste parfaitement blanc

$$\begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ CH_3 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array} + PhCl_5 = \begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ CH_3 \\ | \\ CCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} + PhOCl_3$$

$$\begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_5Cl_2 \end{array} = \begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_4Cl \end{array} + HCl.$$

On détruit par l'eau l'oxychlorure de phosphore en évitant toutefois que la masse s'échauffe notablement, ce par quoi elle noircit, et l'on dessèche sur du chlorure de calcium le produit liquide restant. Soumis à la distillation, celui-ci passe en grande partie au-dessous de 135°; vers la fin, le thermomètre s'élève jusque vers 160°; cette dernière partie de l'opération est accompagnée d'une certaine décomposition, il se dégage de l'acide chlorhydrique.

Ainsi que le fait déjà prévoir le dégagement constant du gaz chlorhydrique pendant l'action du pentachlorure sur l'acétone, le produit brut de l'opération est formé de deux composés chlorés distincts, du dérivé acétonique bichloré

$$\begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ CH_3 \\ | \\ CCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} \qquad \begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_5Cl_2 \end{array}$$

produit immédiat de l'opération, et du composé qui en résulte par suite de l'élimination de l'acide chlorhydrique

$$\begin{array}{l} C_5H_5 \\ | \\ C_5H_4Cl. \end{array}$$

Le premier ne représente que la cinquième partie environ de la quantité totale d'acétone employée.

Par des distillations répétées, on parvient à séparer nettement ces deux corps.

Je ne m'arrêterai que fort peu au composé bichloré

$$\begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

ou *méthyl-chloracétol allylé,* par la raison qu'il n'offre qu'un intérêt médiocre et que je ne suis pas parvenu à l'obtenir dans un état de pureté complet.

Il constitue un liquide incolore, d'une odeur et d'une saveur piquantes. Il bout vers 150° en se décomposant partiellement.

Il est insoluble dans l'eau, au fond de laquelle il tombe; il est, comme tous les composés de cette nature, promptement altéré; aussi devient-il rapidement acide et fumant à l'air humide. Sa décomposition est complète par l'eau à chaud, ou par l'acide sulfurique au contact duquel il dégage abondamment de l'acide chlorhydrique. L'acétone monoallylée est régénérée dans ces diverses circonstances.

Chauffé avec de la potasse caustique en solution alcoolique dans un appareil à reflux ou distillé sur de la potasse caustique solide, il perd une molécule d'acide chlorhydrique et il se transforme dans le composé monochloré C_6H_9Cl ou

$$\begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_4Cl \end{array}$$

Quant à ce composé monochloré, qui est le produit principal de l'action du pentachlorure de phosphore sur l'acétone allylée, ce n'est, ainsi que sa formule et son mode de dérivation l'indiquent, que du *diallyle monochloré.* C'est sous ce nom que je le désignerai désormais.

Le *diallyle monochloré* C_6H_9Cl constitue un liquide incolore, mobile, d'une limpidité parfaite, plus léger que l'eau et insoluble dans celle-ci, soluble dans l'alcool et l'éther; d'une odeur et d'une saveur piquantes. Sa densité à 18°2 est égale à 0,9197.

Il bout sous la pression ordinaire vers 120°, sans décomposition.

Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 4,15.

Substance.	0 gr. 0344
Pression barométrique . .	765 mm.
Mercure soulevé	660
Température.	100°
Volume de la vapeur . . .	63,2 cc.

La densité théorique est 4,02.

Ce corps se combine vivement au brôme en formant un *tétra-brômure* $C_6H_5ClBr_4$ ou

$$\begin{array}{l} C_3H_5Br_2 \\ | \\ C_3H_4ClBr_2 \end{array}$$

lequel constitue un liquide épais et visqueux; je ne suis pas parvenu, contrairement à mon attente, à solidifier ce produit, même dans un mélange réfrigérant énergique.

L'analyse sommaire de ce corps a donné les résultats suivants :

I. 0 gr. 4002 de substance ont fourni 0 gr. 8203 de mélange de chlorure et brômure d'argent.

II. 0 gr. 3995 ont donné 0 gr. 8100 de ce même mélange.

$C_6H_9ClBr_4$	CALCULÉ °/₀.	TROUVÉ.	
		I	II
Cl, Br	81,44	81,36	80,50

Le *diallyle monochloré* se comporte avec l'acide sulfurique comme les dérivés non saturés en général, qui renferment des corps halogènes substitués à l'hydrogène dans les chaînons à soudure multiple. Il se combine vivement à l'acide sulfurique en dégageant abondamment de l'acide chlorhydrique. L'acide sulfurique devient alors épais et visqueux, et renferme vraisemblablement l'éther sulfurique d'un alcool acétonique de la formule

$$\begin{array}{l} C_3H_6\,(OH) \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

Chauffé, avec de la potasse caustique, en solution alcoolique, et

sous pression, en vase clos, il perd une molécule d'acide chlorhydrique et se transforme en divers produits parmi lesquels se trouve un hydrocarbure de la formule C_6H_8 ou

$$\begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_5. \end{array}$$

L'analyse du diallyle monochloré a donné les résultats suivants :

I. 0 gr. 2321 de substance ont fourni 0 gr. 2791 de chlorure d'argent.

II. 0 gr. 3142 de substance ont fourni 0 gr. 3727 de chlorure d'argent.

C_6H_9Cl		TROUVÉ % I	TROUVÉ % II	CALCULÉ.
C_6	— 72			
H_9	— 9			
Cl	— 35,5	— 29,75	29,34	30,47
	116			

Arrêtons-nous un instant à la constitution de ce composé.

A cette variété d'*hexylène bichloré* produit de l'action du pentachlorure de phosphore sur l'acétone allylée, répondant aux formules

$$\begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} \quad \text{ou} \quad \begin{array}{l} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

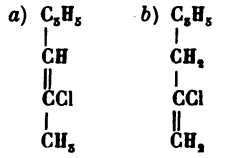
correspondent, par élimination d'une molécule d'acide chlorhydrique, deux diallyles monochlorés C_6H_9Cl ou

$$\begin{array}{l} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_4Cl \end{array}$$

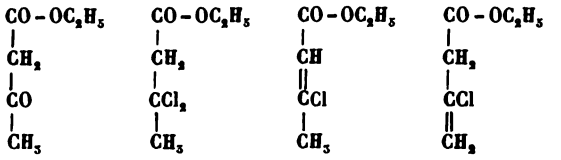
suivant que l'élimination de HCl se fait entre les chaînons voisins

$$-CH_2- \text{ et } -CCl_2- \quad \text{ou} \quad -CCl_2- \text{ et } -CH_3$$

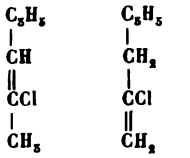
diallyles monochlorés isomères répondant aux formules



On sait, à la suite des expériences de M. Geuther [1] qu'il se forme, lors de l'action du pentachlorure de phosphore sur l'acétylo-acétate d'éthyle, deux composés monochlorés différents, par suite de l'élimination d'une molécule d'acide chlorhydrique du composé bichloré, produit immédiat de la réaction



Il est hautement vraisemblable que lors de l'action du pentachlorure de phosphore sur l'acétone allylée, les choses se passent de la même manière. J'admets donc que le *diallyle monochloré* $\begin{matrix} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_4Cl \end{matrix}$, obtenu dans les circonstances indiquées plus haut, se constitue des deux composés isomères



Ces deux corps doivent différer fort peu l'un de l'autre quant à la volatilité; c'est ce qui explique tout à la fois pourquoi la distillation est impuissante à les séparer et pourquoi le composé C_6H_9Cl que j'ai eu entre les mains ne m'a jamais fourni de point d'ébullition bien constant.

J'aurai l'occasion de revenir plus loin sur la constitution de ce

---

[1] *Journal für praktische Chemie*, t. III, pp. 432 et suiv. (1871).

produit monochloré à l'occasion de celle de l'hydrocarbure C_6H_8 qui peut en être dérivé.

Conformément à l'usage, je crois pouvoir désigner sous le nom de *diallylène*, cet hydrocarbure C_6H_8 dont il me reste à parler, puisqu'il diffère du diallyle par H_2. Cette dénomination a l'avantage d'être courte et euphonique, et de ne rien préjuger quant à la constitution de ce produit nouveau.

Le *diallylène* C_6H_8 résulte, ainsi que je l'ai déjà dit, de l'action de la potasse en solution alcoolique sur le diallyle monochloré. Celle-ci détermine l'élimination d'une molécule d'acide chlorhydrique du fragment $-C_3H_4Cl$.

$$\begin{array}{c} C_6H_9Cl \\ \\ C_3H_5 \\ | \\ C_3H_4Cl \end{array} \quad - HCl = \quad \begin{array}{c} C_6H_8 \\ \\ C_3H_5 \\ | \\ C_3H_3 \end{array}$$

La réaction ne s'accomplit pas à la température de l'ébullition de l'alcool et sous la pression ordinaire dans un appareil à reflux. Il est nécessaire d'opérer en vase clos et à une température plus élevée.

J'ai d'abord fait usage de tubes en verre scellés à la lampe; plus tard, je me suis servi d'un petit autoclave en bronze pour pouvoir opérer en une fois sur une quantité de produit un peu plus notable.

On dissout le diallyle monochloré dans l'alcool ainsi que la potasse caustique dont on emploie un léger excès et l'on chauffe pendant quelques heures vers 100°.

Par l'addition de l'eau acidulée d'acide chlorhydrique à la liqueur alcoolique refroidie, il s'en sépare immédiatement une couche liquide surnageante, d'une odeur très-forte et de coloration brunâtre. On la dessèche sur du chlorure de calcium, après l'avoir agitée avec de l'eau pour lui enlever de l'alcool, et on la soumet à la distillation.

On recueille d'abord à part ce qui passe avant 100°-110°; cette portion n'est que faiblement chlorée et renferme l'hydrocarbure formé; il passe ensuite une certaine quantité de diallyle mono-

chloré non altéré; puis la température s'élève progressivement au delà de 130° jusque vers 300° et même davantage. Cette dernière portion représente une très-notable partie du diallyle monochloré employé. J'y reviendrai plus loin.

Par des lavages à l'eau, suivis de dessiccation sur le chlorure de calcium, et des distillations répétées, on parvient à extraire de la première portion le *diallylène* C_6H_8, à l'état de pureté. Que je dise dès à présent que le rendement de cette opération est fort peu avantageux. Mais, avant d'aller plus loin, décrivons cet hydrocarbure lui-même.

Le *diallylène* C_6H_8 constitue un liquide incolore, d'une limpidité parfaite, très-mobile, très-léger, d'une odeur forte, spéciale, analogue d'ailleurs à celle de tous les hydrocarbures acétyléniques.

Tandis que le dipropargyle s'altère rapidement dans les conditions ordinaires, pour devenir, d'incolore et de limpide, à la fin brun et poisseux, le diallylène paraît se conserver indéfiniment en présence de l'air et à la lumière.

Il est insoluble dans l'eau qu'il surnage, mais aisément soluble dans l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, la pétroléine, etc.

Sa densité à 18°2 est égale à 0,8579.

Il bout sous la pression ordinaire vers 70-75°, peut-être pourrais-je indiquer pour plus de précision 72°, mais je ne puis lui attribuer ce chiffre avec une complète certitude. Ce point d'ébullition est d'ailleurs celui qu'assigne la théorie à ce corps, intermédiaire entre le diallyle et le dipropargyle

C_6H_{10}	C_6H_8	C_6H_6
C_3H_5	C_3H_5	C_3H_5
|	|	|
C_3H_5	C_3H_3	C_3H_5
Éb. 60°	Éb. 70°-75°	Éb. 80-85°

Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 2,79.

Substance.	0 gr. 0261
Pression barométrique . .	758 m.
Mercure soulevé	645 m.
Température.	100°
Volume de la vapeur . . .	66cc, 1

La densité calculée est 2,76.

L'analyse de ce corps a fourni les résultats suivants :

I. 0 gr. 2822 de substance ont fourni 0 gr. 9292 d'anhydride carbonique et 0 gr. 2638 d'eau.

II. 0 gr. 2622 de substance ont fourni 0 gr. 8609 d'anhydride carbonique et 0 gr. 2425 d'eau.

J'indiquerai ici en même temps les résultats de quelques combustions imparfaites ou incomplètes.

III. 0 gr. 2421 de substance ont fourni 0 gr. 7955 d'anhydride carbonique.

IV. 0 gr. 3001 de substance ont fourni 0 gr. 9843 d'anhydride carbonique.

V. 0 gr. 2219 de substance ont fourni 0 gr. 7310 d'anhydride carbonique.

VI. 0 gr. 2320 ont fourni 0 gr. 2171 d'eau.

	CALCULÉ.	TROUVÉ.					
C_6H_8	%	I	II	III	IV	V	VI
C_6 — 72	90,00	89,80	89,54	89,63	89,48	89,84	»
H_8 — 8	10,00	10,31	10,27	»	»	»	10,39
80	100,00						

Tel que je l'ai obtenu, le *diallylène* présente tout à la fois les propriétés générales des composés non saturés et des composés acétyléniques, mais celles-ci, une seule fois seulement, à la différence du dipropargyle.

Il se combine avec le brôme, avec une énergie extrême, en donnant immédiatement un *tétrabrômure* $C_6H_{10}Br_4$ et finalement un *hexabrômure* $C_6H_8Br_6$.

Il s'ajoute avec dégagement de chaleur aux hydracides halogénés; il se combine vivement avec l'acide sulfurique en se polymérisant en partie.

Il donne, avec la solution ammoniacale du chlorure cuivreux, le précipité jaune serin, caractéristique des composés acétyléniques.

Il occasionne, dans la solution *aqueuse* de l'azotate d'argent,

un précipité blanc volumineux, noircissant légèrement après quelques instants et que l'ammoniaque dissout; aussi n'occasionne-t-il aucun précipité dans la solution argentique ammoniacale.

Dans la solution de l'azotate d'argent dans l'alcool, il détermine la formation d'un précipité fort volumineux d'un blanc parfait.

Dans la solution aqueuse de l'azotate mercureux, il produit un précipité *noir*, et dans celle du chlorure mercurique un précipité blanc.

Tous ces composés ont des propriétés et une composition analogue à celle des composés propargyliques correspondants.

Le composé *cuivreux* est insoluble dans l'alcool et l'éther. Sec, il forme une poudre jaune citrin, qui détone légèrement quand on la chauffe. Desséché sur l'acide sulfurique, à la température ordinaire, il renferme une molécule d'eau et répond à la formule $C_6H_7Cu + H_2O$.

0 gr. 3617 de ce corps ont fourni 0 gr. 1811 d'oxyde cuivrique. Ce qui correspond à 39,97 °/₀ de cuivre. La formule $C_6H_7Cu + H_2O$ en demande 39,56, tandis que la formule C_6H_7Cu en exige 44,56 °/₀.

Le précipité *argentique*, obtenu dans la solution aqueuse, desséché sur l'acide sulfurique à la température ordinaire, constitue une poudre légère, d'un aspect grisâtre et floconneux. Chauffé légèrement, il se fond; chauffé plus fortement, il détone subitement, en laissant un résidu charbonneux notable; il s'enflamme au contact de l'acide azotique concentré. Ce corps répond à la formule $C_6H_7Ag+H_2O$.

Voici les résultats de l'analyse qui en a été faite :

I. 0 gr. 2734 de substance ont fourni 0 gr. 1931 de chlorure d'argent.

II. 0 gr. 3059 ont fourni 0 gr. 2183 de chlorure d'argent.

	TROUVÉ °/₀.		CALCULÉ.
	I	II	
Ag —	53,14	53,67	52,68

La formule C_6H_7Ag en exige au contraire 57,75 °/₀.

Le précipité argentique obtenu dans la solution alcoolique, desséché sur l'acide sulfurique, constitue une masse cohérente, dure, grisâtre. Il explosionne comme le précédent.

Il répond à la formule $C_6H_7Ag + C_2H_5(OH)$.

0 gr. 4797 de substance ont fourni 0 gr. 2906 de chlorure d'argent. La formule $C_6H_7Ag + C_2H_5(OH)$ en exige 46,35 °/₀.

Il me reste à présent à examiner deux questions importantes, la constitution et la valeur d'action chimiques du diallylène.

Et d'abord la constitution.

Le mode de dérivation du diallylène de l'acétone monoallylée m'autorise à admettre dans la molécule de cet hydrocarbure les deux fragments, tricarbonés chacun, C_3H_5 et C_3H_3,

$$\begin{matrix} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_5O \end{matrix} \quad - H_2O = \quad \begin{matrix} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_3 \end{matrix}$$

Dans l'ensemble des réactions auxquelles est soumise cette acétone et qui aboutissent finalement à éliminer de celle-ci une molécule d'eau, le fragment *allyle* — C_3H_5 reste intact et inaltéré; toutes les transformations portent exclusivement sur le fragment *acétone* — C_3H_5O, lequel devient — C_3H_3. La structure du groupement allyle C_3H_5 est bien connue; tout prouve qu'en se substituant à un atome d'hydrogène dans l'acétylo-acétate d'éthyle $CH_3 — CO — CH_2 — CO (OC_2H_5)$ et prochainement dans l'acétone $CH_3 — CO — CH_3$, ce radical a conservé la structure qu'il offre dans les composés allyliques proprement dits.

$$\begin{matrix} | \\ CH_2 \\ | \\ CH \\ \| \\ CH_2 \end{matrix}$$

Il reste donc exclusivement à déterminer comment est constitué le fragment C_3H_5.

Remarquons que ce fragment — C_3H_3 dérive immédiatement

Il reste maintenant un dernier point à examiner : quelle est la valeur d'action chimique du diallylène?

Répondant à la formule C_6H_8, le diallylène, considéré en bloc, doit être, d'après les principes généraux qui règlent la capacité de saturation des composés dits non saturés, *hexaatomique*

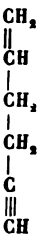
$$\overset{o}{C_6H_{14}} \qquad \overset{vi}{C_6H_8}$$

Mais les composés non saturés, sauf les *bivalents*, n'épuisent pas, en général, en une seule fois, leur pouvoir additionnel ; leurs unités d'action chimique ne se saturent que par degrés, deux par deux, ce qui est d'accord avec la théorie des soudures multiples.

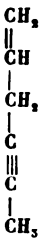
Quelle doit être en dessous de cette limite maximum 6, la puissance de combinaison du diallylène, et combien de sortes de produits d'addition peut-il théoriquement ou devrait-il engendrer?

Cette question trouve sa solution dans la constitution de cet hydrocarbure lui-même.

J'ai admis que le diallylène se constitue d'un hydrocarbure à réactions acétyléniques de la formule



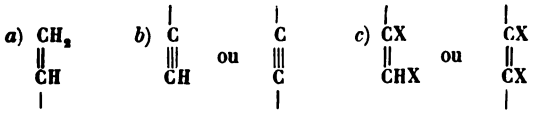
et peut-être d'un isomère, ne présentant pas ces réactions, répondant à la formule



Ces hydrocarbures renferment l'un et l'autre le système à *double* soudure.

ou système *éthylénique monosubstitué, bivalent* et le système à *triple* soudure

ou système acétylénique, soit *mono,* soit *bisubstitué,* et, quel qu'il soit, *tétravalent* en totalité, mais susceptible d'être saturé en deux phases successives; en définitive, dans chacun d'eux se rencontrent trois systèmes biatomiques différents



systèmes différents de composition, et par conséquent différents quant à leur énergie additionnelle.

Il résulte de ces circonstances que le *diallylène* doit être tout à la fois *bi, tétra* et *hexaatomique* et déterminer successivement des combinaisons répondant aux formules $C_6H_8X_2$, $C_6H_8X_4$ et $C_6H_8X_6$.

Au point de vue théorique, on peut encore se poser d'autres questions. Par où doit commencer et par où doit finir la saturation de ces divers systèmes?

Il est évident, *à priori,* que les deux unités d'action chimique, arrivant en dernier lieu à saturation doivent être les deux restantes du système acétylénique, après une saturation partielle. Mais par où commencera celle-ci dans le cas de la formation d'un composé $C_6H_8X_2$, sera-ce par le côté éthylénique ou par le côté acétylénique de la molécule? Les données fournies par la thermochimie nous permettent de résoudre *à priori* cette question. Sui-

vant M. Berthelot [1], l'acétylène et l'éthylène sont l'un et l'autre des composés *endothermiques*, mais dont la formation supposée, à l'aide de leurs éléments simples, est accompagnée d'une absorption de chaleur fort inégale.

$$C_2 \text{ diamant} + H_2 = C_2H_2 - 64 \text{ calories}$$
$$C_2 \quad \text{id.} \quad + H_4 = C_2H_4 - 8 \quad \text{id.}$$

Or on sait que l'énergie chimique, l'aptitude à la combinaison est d'autant plus développée, tant dans les corps simples que dans les corps composés de cette nature, qu'ils sont chargés d'une quantité de calorique plus considérable. La conclusion à tirer de ce fait général, c'est que le diallylène doit fonctionner comme hydrocarbure bivalent, par son côté acétylénique d'abord, comme hydrocarbure tétravalent, alors qu'à ces deux premières unités d'action chimique, se joindront, lors de la saturation, celles du système éthylénique, donnant ainsi successivement naissance à des composés répondant aux formules

```
CH2        CH2X       CH2X
||         |          |
CH         CHX        CHX
|          |          |
CH2        CH2        CH2
|          |          |
CH2        CH2        CH2
|          |          |
CX         CX         CXX
||         ||         |
CHX        CHX        CHXX
```

Tels sont, me semble-t-il, les renseignements fournis par la théorie. Voici ce qui résulte de l'expérience.

Le diallylène, ainsi que je l'ai déjà dit, se combine énergiquement, avec explosion même, au brôme ; celui-ci ne doit être présenté que goutte à goutte, à l'hydrocarbure, surnageant l'eau. Alors qu'il s'est formé quelque peu de brômure, le liquide insoluble tombe au fond de l'eau et la réaction se continue plus aisément.

Je n'ai pas réussi à obtenir le bibrômure $C_6H_8Br_2$. Le dially-

---

[1] *Comptes rendus*, 1876, t. LXXXII, pp. 28, 29.

lène se transforme directement en son tétrabrômure $C_6H_8Br_2$; celui-ci, après avoir été lavé à l'eau et à la potasse caustique pour lui enlever toute trace de brôme libre, puis dissous dans l'éther, et desséché, constitue un liquide incolore, d'une odeur piquante, assez épais, insoluble dans l'eau et plus dense qu'elle, mais très-soluble dans l'éther et le sulfure de carbone.

Ce corps n'est pas volatil; chauffé, il se décomposé en laissant un résidu charbonneux considérable et en dégageant de l'acide brômhydrique.

Le caractère acétylénique a disparu dans ce tétrabrômure.

0,4464 de ce produit ont fourni 0,8355 de brômure d'argent, ce qui correspond à 79,64 °/₀ de brôme. La formule $C_6H_8Br_6$ en demande 80,00 °/₀.

Abandonné au contact du brôme, ce produit se transforme, sans changer d'aspect, en hexabrômure, lequel constitue un liquide fort épais et très-visqueux, que je n'ai pu obtenir à l'état de cristaux ni solidifier par un mélange réfrigérant énergique.

L'analyse de ce composé a fourni les résultats suivants :

I. 0 gr. 5364 de substance ont donné 1 gr. 0626 de brômure d'argent.

II. 0 gr. 4823 du même produit ont donné 0 gr. 96 de brômure d'argent.

Les deux dosages suivants ont été faits avec l'hexabrômure du diallylène, préalablement régénéré de son composé cuivreux.

III. 0 gr. 5432 de substance ont fourni 0 gr. 1, 0890 de brômure d'argent.

IV. 0 gr. 4224 de substance ont fourni 0 gr. 8492 de brômure argentique.

$C_6H_8Br_6$	TROUVÉ.				CALCULÉ.
	I	II	III	IV	
C_6 = 72					
H_8 — 8					
Br_6 — 480	84,30	84,70	85,31	85,55	85,71
560					

Je ferai remarquer en passant que l'hexabrômure de l'hydrocarbure C_7H_{10} est également liquide.

Rapportés au diallylène acétylénique, ces deux brômures répondent certainement aux formules suivantes

$C_6H_8Br_4$	$C_6H_8Br_6$
CH_2Br	CH_2Br
|	|
$CHBr$	$CHBr$
|	|
CH_2	CH_2
|	|
CH_2	CH_2
|	|
CBr	CBr_2
||	|
$CHBr$	$CHBr_2$.

Le diallylène comble heureusement la lacune qui existait dans la série de déshydrogénation de l'hexane. Cette série, la plus étendue parmi toutes celles de cette nature connues aujourd'hui, comprend donc les termes suivants :

		Atomicité.
Hexane	C_6H_{14}	0
Hexylène	C_6H_{12}	2
Diallyle.	C_6H_{10}	4
Diallylène	C_6H_8	6
Dipropargyle	C_6H_6	8

Si l'on tient compte de la benzine C_6H_6, isomère du dipropargyle, l'ensemble de ces composés démontre, d'une manière évidente, que, tant que les rapports généraux de combinaison des atomes de carbone existant dans les composés saturés persistent, à part la multiplicité des soudures, dans les composés non saturés que l'on peut en déduire par déshydrogénation, le pouvoir additionnel total de celles-ci est égale au nombre des molécules d'hydrogène éliminées lors de leur formation.

Ainsi que je l'ai dit précédemment, la réaction de la potasse alcoolique sur le diallyle monochloré, à chaud et en vase clos, ne fournit qu'une quantité de diallylène bien inférieure à la quantité que l'on devrait théoriquement recueillir; la plus grande

partie même du diallylène employé se transforme en composés liquides insolubles dans l'eau et d'un point d'ébullition élevé.

Lorsque l'on soumet cette portion à la distillation, la température indiquée par le thermomètre s'élève successivement jusque vers 300° et au delà, et il reste comme résidu de cette distillation une masse goudronneuse, noire, qui devient solide et très-dure en se refroidissant.

Quoique j'aie eu à ma disposition environ 150 cc. de ce produit huileux, je ne suis pas parvenu à en retirer par la distillation fractionnée des portions ayant un point d'ébullition constant; des mélanges réfrigérants intenses n'ont pu non plus déterminer la solidification d'aucune partie.

Ce liquide huileux ne renferme pas de chlore; il se combine énergiquement au brôme, mais ne présente pas les réactions acétyléniques. C'est par conséquent un assemblage de composés non saturés.

Vers la fin de la distillation de cette masse, alors que toute eau a disparu depuis longtemps et alors même que l'on opère avec un produit sec, il passe de l'eau; j'attribue celle-ci à la décomposition de *composés éthyloxylés*, provenant du diallyle monochloré où, par suite de l'action de la potasse alcoolique, le chlore serait remplacé par le groupement OC_2H_5.

Ce produit huileux se constitue vraisemblablement des produits de condensation, soit du diallyle monochloré et de son dérivé éthyloxylé, soit du diallyle lui-même. On sait avec quelle facilité les composés non saturés et en particulier les composés acétyléniques se condensent et se polymérisent, sous des influences diverses et notamment sous l'action de la chaleur.

L'élimination de l'acide HBr se faisant plus facilement que celle de l'acide HCl, sous l'action des alcalis et à une température moins élevée, il est probable que le diallyle monobrômé donnera des résultats plus avantageux, quant au rendement surtout. C'est une question que je me propose d'examiner, ainsi que d'autres encore, parmi toutes celles que soulève ce nouvel hydrocarbure, aussitôt que j'en trouverai la possibilité.

Le diallylène est le troisième des hydrocarbures hexaatomiques signalés jusqu'ici.

Le premier d'entre eux connu est le *valylène* C_5H_8 découvert par M. Reboul [1] en 1865. Il bout vers 50°, forme un hexabrômure solide et présente les réactions acétyléniques.

Il y a peu de temps, M. Alexandre Saytzeff [2] a décrit un hydrocarbure de la formule C_7H_{10}, auquel il n'a pas imposé de nom spécial. Cet hydrocarbure dérive du *diallyl-carbinol* $(C_3H_5)_2$ - CH (OH); il bout vers 115°, et forme un hexabrômure liquide; il ne présente pas les réactions acétyléniques.

Un mot encore avant de terminer. Je ne méconnais pas ce que le présent travail offre d'incomplet sous certains rapports. Si je me suis décidé à le publier dès à présent, c'est que je prévois que je ne pourrai le compléter que dans un avenir assez éloigné. Je crois d'ailleurs qu'il n'est pas vrai, en chimie, de dire que rien n'est fait, alors qu'il reste quelque chose à faire.

Je tiens à déclarer en finissant, et il m'est agréable de le faire, que j'ai été fructueusement aidé dans ces recherches par M. G. Bruylants, dont plusieurs travaux justement estimés ont déjà fait honorablement connaître le nom dans le monde savant.

---

(1) *Comptes rendus*, t. LX, p. 803.
(2) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXXV, pp. 144 et suiv. (1877).

NOTE

SUR LES

THÉORIES RELATIVES A LA STRUCTURE CRISTALLINE

PAR

M. A. DE LAPPARENT,

Professeur à l'Université catholique de Paris.

En 1876, M. le Dr Leonhard Sohncke, professeur à l'École polytechnique de Carlsruhe, fit paraître (1) une étude géométrique sur les assemblages de points distribués régulièrement, avec application spéciale à la théorie de la structure cristalline.

Neuf ans auparavant, en 1867, le même auteur avait publié, dans les Annales de Poggendorff (2), un essai de démonstration élémentaire de la théorie des réseaux cristallins de Bravais. A cette époque, aucun doute n'avait été élevé par M. Sohncke contre la valeur du principe fondamental qui sert de base à cette théorie. L'auteur l'acceptait sans réticence et bornait toute son ambition à vulgariser la doctrine du savant géomètre français, en

---

(1) *Die unbegrenzten regelmässigen Punktsysteme als Grundlage einer Theorie der Krystallstruktur.* Karlsruhe, G. Braun, 1876.

(2) *Die Gruppirung der Moleküle in den Krystallen,* Pogg. Ann., vol. 132, p. 75.

la débarrassant de l'appareil analytique qui, jusqu'alors, avait fait reculer la plupart des cristallographes.

Il en est tout autrement dans le travail de 1876. M. Sohncke a cru apercevoir, à la base de la théorie de Bravais, un *postulatum* dont il lui semble qu'on peut se dégager. En l'écartant, il se trouve amené à formuler une théorie qu'il déclare *infiniment plus générale* que celle de Bravais, et qui doit fournir, suivant lui, la véritable explication du phénomène de l'hémiédrie.

La théorie de Bravais offre à ceux qui ne craignent pas de l'aborder un système si pleinement satisfaisant; elle explique et prévoit même si bien tous les cas particuliers de la structure cristalline, qu'on a le droit d'être surpris, au premier abord, en entendant annoncer qu'elle doit céder la place à une doctrine plus générale et exempte de toute conception *arbitraire*. C'est pourquoi il nous a paru nécessaire d'aller au fond des choses, et d'examiner de plus près ce prétendu postulatum que la perspicacité de M. Sohncke se flatte d'avoir découvert.

On sait que les notions relatives à la structure cristalline ont pour point de départ un principe expérimental dans lequel se résument toutes les propriétés physiques des milieux cristallisés. Ce principe est le suivant :

Si, dans un corps cristallisé homogène, on étudie les diverses propriétés physiques suivant toutes les directions qui divergent à partir d'un point déterminé, on trouve que ces propriétés ne dépendent que des directions suivies et sont indépendantes de la position du point de départ.

En d'autres termes, il existe, dans le cristal, une infinité de points caractérisés par une égale distribution des propriétés physiques autour de chacun d'eux.

Or, les propriétés physiques, dans une direction donnée, dépendent avant tout du mode spécial de distribution de la matière suivant cette direction. La proposition précédente peut donc être modifiée ainsi : Dans un corps cristallisé homogène, il existe une infinité de points autour desquels la distribution de la matière est la même.

Ce fait est général et, suivant la remarque fort juste de M. Mallard, dans le cours remarquable qu'il professe à l'École des mines de Paris, la proposition subsiste, quelle que soit l'idée qu'on se fait de la constitution intime des corps.

Cela posé, on déduit aisément de ce principe, comme l'ont fait M. Delafosse et, après lui, Bravais, que les *points homologues*, en nombre infini, d'un milieu cristallin, c'est-à-dire ceux pour lesquels la distribution de la matière est la même, sont disposés, à égale distance les uns des autres, sur une infinité de files parallèles et équidistantes, de telle sorte que ces points constituent, dans l'espace, les nœuds ou sommets d'un assemblage de parallélipipèdes régulièrement entassés. La démonstration de ce théorème est trop simple et trop bien connue pour qu'il soit nécessaire de la reproduire ici.

Dès lors, si l'on adopte l'hypothèse atomique, c'est-à-dire si l'on considère un corps homogène comme formé de molécules identiques, dont chacune est un polyèdre composé d'atomes, il est évident que la première condition de la cristallisation est que les centres de gravité de ces molécules coïncident avec les nœuds d'un assemblage parallélipipédique ou réticulaire.

Partant de ce principe, Bravais a fondé toute la symétrie cristalline sur l'étude des divers degrés de symétrie dont les assemblages réticulaires sont susceptibles, et il est bien vrai qu'en réduisant les molécules à leurs centres de gravité, il a, implicitement, admis que toutes les molécules devaient avoir une orientation identique. C'est cette conception que M. Sohncke qualifie de postulatum arbitraire. Suivant lui, il n'est pas nécessaire que deux molécules voisines aient la même orientation et l'on peut concevoir des assemblages qui, tout en satisfaisant à la loi d'égale distribution de la matière autour de chaque point, soient composés, non plus de *points*, mais d'*éléments* diversement orientés.

Naturellement il en résulte, pour l'étude géométrique des assemblages, une complication beaucoup plus grande. Heureusement, M. Sohncke a trouvé cette étude toute faite dans une

importante publication de M. Camille Jordan [1]. Le savant géomètre a recherché quels étaient les *groupes de mouvements*, c'est-à-dire les combinaisons de translations et de rotations, qui permettent de substituer les unes aux autres, sans changement visible, les parties d'un assemblage régulier et indéfini d'éléments diversement orientés. Il a trouvé, par une analyse ingénieuse, que le nombre des variétés possibles d'assemblages symétriques s'élevait à 174, dont la plupart possèdent des axes de symétrie héliçoidaux, c'est-à-dire tels que pour obtenir la coïncidence des parties, il faut combiner ensemble une translation déterminée suivant l'un de ces axes et une rotation autour du même axe.

Parmi ces 174 variétés, M. Sohncke élimine celles qui ne peuvent avoir aucun rapport avec les édifices cristallins, soit parce que la reproduction symétrique a lieu par des mouvements infiniment petits, soit parce que les assemblages résultants ne sont pas indéfinis suivant leurs trois dimensions. En dernière analyse, il lui reste en tout 54 systèmes dont chacun comporte une signification cristallographique déterminée, et dont les uns correspondent aux formes holoédriques, tandis que les autres répondent aux formes hémiédriques.

Or, on va voir que toute cette analyse compliquée est inutile et que l'identité d'orientation des molécules dans les cristaux, loin d'être une conception arbitraire, est une *conséquence forcée* du principe expérimental que nous avons posé au début et que M. Sohncke accepte tout aussi bien que l'ont fait Bravais et M. Delafosse.

Reprenons en effet l'énoncé de ce principe, ou plutôt de son interprétation rigoureusement déduite. Il existe, avons-nous dit, une infinité de *points homologues* dans un cristal, et tous ces points sont distribués suivant un assemblage réticulaire. Or, considérons le polyèdre moléculaire d'un corps déterminé : ce

---

[1] *Mémoire sur les groupes de mouvements*, ANNALI DI MATEMATICA DI BRIOSCHI, II, 1868-1869.

polyèdre comporte un centre de gravité G et une série de sommets qui peuvent n'être pas identiques et que nous appellerons A, B, C, etc.

Chaque molécule du corps a ainsi son point G et ses points A, B, C, etc. Si le corps est cristallisé, tous les points G sont situés sur les nœuds d'un certain assemblage réticulaire. Mais alors, joignons l'un des points G au point A du polyèdre correspondant. Puisque tous les points G sont *homologues*, c'est-à-dire caractérisés par une égale distribution de la matière autour de chacun d'eux, de chaque point G doit partir une ligne égale et parallèle à GA.

Donc, toutes les lignes homologues des polyèdres moléculaires doivent être parallèles entre elles : *donc tous ces polyèdres doivent être orientés de la même façon.*

Ainsi la caractéristique des corps cristallisés n'est pas seulement la disposition réticulaire des centres de gravité de leurs molécules, c'est encore, *et au même titre*, l'égale orientation de tous les polyèdres moléculaires.

Par suite, l'ingénieuse analyse de M. Jordan n'a point à intervenir dans la question de la structure cristalline, et tout l'échafaudage que M. Sohncke a élevé sur cette base se trouve avoir été construit en pure perte.

Mais allons plus loin : l'un des grands avantages que M. Sohncke attribuait à sa théorie était, disait-il, de rendre un compte satisfaisant du phénomène de l'hémiédrie. D'après lui, Bravais avait été obligé d'imaginer, pour l'expliquer, une nouvelle hypothèse, en supposant un défaut d'identité entre la symétrie de l'assemblage et celle de la molécule. Or, ajoute M. Sohncke, on ne comprend pas comment une molécule tétraédrique, par exemple, viendrait cristalliser dans un système à assemblage cubique.

Nous devons avouer que la portée de cette objection nous échappe absolument. Et puisque M. Sohncke n'a pas compris la doctrine de Bravais sur l'hémiédrie, on nous permettra d'en rappeler brièvement le principe.

Nous avons démontré que tous les *points homologues* d'un

corps cristallisé formaient un assemblage réticulaire. L'étude des assemblages *de points* montre qu'il n'en peut exister que sept variétés, correspondant aux sept systèmes cristallins (le système rhomboédrique ou ternaire étant distinct du système hexagonal ou sénaire). Cela posé, les polyèdres moléculaires *n'étant pas assujettis à la condition d'avoir leurs sommets disposés en réseau*, peuvent, au point de vue de la symétrie, offrir *toutes les combinaisons possibles*. Dès lors, quelle condition déterminera le choix de tel ou tel système cristallin?

La réponse est bien simple. Parmi les éléments de symétrie, centre, plans ou axes d'un polyèdre moléculaire, il peut y en avoir qui coïncident avec tout ou partie des éléments de l'un des sept assemblages réticulaires. Par suite, *lorsqu'un corps cristallisera, il choisira naturellement celui des sept assemblages réticulaires avec la symétrie duquel il a le plus d'éléments communs.*

Alors deux cas pourront se présenter : ou bien tous les éléments de symétrie de l'assemblage existeront dans le polyèdre moléculaire, ce qui donnera des formes cristallines *holoédriques*, ou bien ces éléments n'y existeront qu'en partie, et l'on aura les formes dites *mériédriques* par Bravais et pouvant comprendre les cas de l'*hémiédrie*, de la *tétartoédrie* et de l'*hémitétartoédrie*. De cette manière, on obtiendra, dans la symétrie cristalline, un nombre de variétés considérables, encore supérieur aux 54 systèmes de M. Sohncke. Et rien de tout cela ne sera arbitraire; toutes ces variétés découleront nécessairement de l'hypothèse fondamentale, ou plutôt du principe expérimental que personne n'a songé à récuser, M. Sohncke pas plus que ses prédecesseurs.

Y a-t-il rien au monde qui soit plus simple et plus satisfaisant que cette doctrine et comment se refuser à l'admettre, quand on sait que non-seulement elle explique toutes les circonstances connues de la cristallographie, en particulier ce fameux *hémimorphisme* incompatible avec la théorie allemande de l'hémiédrie, mais encore qu'elle avait prévu, avant toute vérification expérimentale, le cas si curieux du chlorate de soude, qui offre la

combinaison de l'hémiédrie tétraédrique avec celle du dodécaèdre pentagonal?

Concluons donc que si l'on accepte comme démontré le principe expérimental que nous avons rappelé au début, il n'est pas possible de construire, sur cette base, un autre édifice que celui de Bravais. La doctrine du géomètre français est certainement la plus belle, la plus simple et la plus complète parmi toutes celles auxquelles la physique a pu donner lieu. Elle suffit à l'explication de tous les cas de la cristallographie, du moins tant que l'on considère des édifices homogènes; elle ne peut être en défaut que dans le cas des assemblages de cristaux par juxtaposition; mais alors même elle conserve la valeur d'une loi élémentaire et comme, en pareil cas, le principe expérimental cesse d'être applicable, on pourrait dire que la théorie des réseaux n'a rien à voir avec ces combinaisons. Mais il y a mieux, c'est encore elle qui permet de les analyser; nous n'en voulons pour preuve que le récent mémoire de M. Mallard sur les anomalies optiques des cristaux.

Le seul défaut, si l'on peut ainsi parler, de la théorie de Bravais, c'est la difficulté qu'on éprouve à la bien saisir à travers tous les développements que lui a donnés son premier auteur. Emporté par son amour pour la géométrie, Bravais a voulu traiter d'une façon complète la symétrie des polyèdres et celle des assemblages. De là un véritable luxe de théorèmes au milieu desquels les cristallographes risquent de se perdre, et une apparente complication dans ces démonstrations au fond si simples et si élémentaires. Ainsi s'explique cette opinion, longtemps répandue, que Bravais avait fait de la géométrie transcendante, accessible seulement à quelques initiés. Heureusement cette erreur a disparu devant le succès de la tentative faite par M. Mallard à l'École des mines de Paris. Le savant professeur a pris la théorie de Bravais pour base de son enseignement; il l'a réduite à un petit nombre de théorèmes d'une démonstration très-facile, et où l'on peut parfois introduire avec fruit la méthode suivie par M. Sohncke dans son travail de 1867. Aujourd'hui ce même en-

seignement est professé dans les Universités catholiques de Paris et de Lille. Espérons que le jour n'est pas éloigné où l'on reconnaîtra que cette méthode s'impose à tous ceux qui ont quelque souci de l'honneur de la cristallographie.

SUR L'EXTENSION

AUX

MOUVEMENTS PLANS RELATIFS

DE LA

MÉTHODE DES NORMALES ET DES CENTRES DE COURBURE.

PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES LE 31 JANVIER 1878

PAR

Ph. GILBERT,

Professeur à l'Université catholique de Louvain.

Les propriétés du mouvement d'une figure plane dans son plan sont bien connues, ainsi que leur application à diverses questions de géométrie. En particulier, il suffit de connaître, pour une position quelconque de la figure, le centre instantané de rotation C et un autre point K, signalé par M. Bresse et que j'appelle *pôle d'inflexion*, pour en déduire par des constructions aussi simples qu'élégantes, la normale à la trajectoire décrite par un point quelconque M de la figure mobile, et le centre de courbure de cette trajectoire (*). On a donc le moyen de résoudre ces deux problèmes pour toute courbe dont le tracé est facilement réductible au mouvement d'un point d'une figure plane.

Mais cette condition limite considérablement, on le voit, les

(*) Voir, par exemple, mon *Cours de mécanique*, ch. IV et VII.

applications de la méthode, et il serait désirable de lui donner une plus grande portée, ce que l'on a essayé de diverses manières. L'extension que je propose dans ce travail élargit à l'infini le champ de ces applications, principalement en ce qui concerne les systèmes articulés, sur lesquels je me propose d'ailleurs de revenir.

1. Considérons une figure plane F qui se meut, d'un mouvement connu que nous nommerons *mouvement d'entraînement*, dans un plan regardé comme fixe. En même temps, une autre figure plane F′ se déplace sur le plan de la figure F, et l'on connaît aussi ce *mouvement relatif* de F′ par rapport à F. Soient C″ (fig. 1) le centre instantané de rotation, K″ le pôle d'inflexion qui correspondent au mouvement d'entraînement; C′, K′ les mêmes points considérés dans le mouvement relatif de F′ sur F; il s'agit de déterminer le centre instantané C et le pôle K qui correspondent au mouvement absolu ou total de la figure F′ sur le plan fixe. Pour cela, nous admettrons d'abord que l'on connaisse les vitesses angulaires actuelles ω'' et ω' de la rotation d'entraînement et de la rotation relative respectivement, ainsi que les vitesses w'' et w' avec lesquelles les centres instantanés C″ et C′ se déplacent, le premier dans le plan fixe, le second sur la figure F (*); w' et w'' étant donnés en direction comme en grandeur, nous chercherons le point C, la vitesse angulaire ω de la rotation totale de F′, la vitesse w du centre instantané absolu dans le plan fixe.

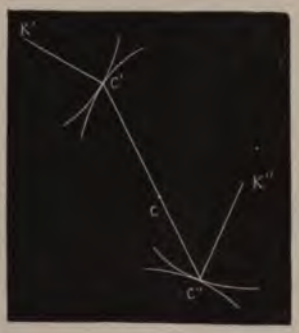


Fig. 1.

La détermination de la vitesse ω et du point C se fait immédiatement par la théorie de la composition des rotations autour

(*) Voir, pour la signification de la vitesse w, mon *Cours de mécanique*, p. 52.

d'axes parallèles. On sait que l'on aura $\omega = \omega' + \omega''$, et que le centre instantané C de la rotation totale tombera sur la droite C″ C′ qui joint les centres des rotations relative et d'entraînement, de manière à vérifier la proportion

$$\frac{C''C}{\omega'} = \frac{CC'}{\omega''} = \frac{C''C'}{\omega};$$

ou, en désignant par $\delta, \delta', \delta''$ les segments C″C′, C″C, CC′,

$$(1). \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{\delta'}{\omega'} = \frac{\delta''}{\omega''} = \frac{\delta}{\omega}.$$

Nous rappelons dès à présent que cette égalité et la construction qui s'en déduit s'appliquent d'une manière générale, quels que soient le sens des rotations et les positions relatives des points, pourvu que l'on attribue des signes contraires aux vitesses $\omega', \omega'', \omega$ lorsque les rotations auxquelles elles appartiennent sont de sens contraires, et qu'on affecte également les segments $\delta, \delta', \delta''$ de signes convenables d'après leurs positions. Nous regarderons comme positives les rotations s'effectuant de gauche à droite ou dans le sens des aiguilles d'une montre; les segments $\delta, \delta', \delta''$ seront comptés positivement de C″ vers C′, les deux premiers à partir de C″, le troisième à partir de C. On aura donc, dans tous les cas,

$$\delta > 0, \qquad \delta = \delta' + \delta''.$$

2. Le centre instantané absolu C étant connu, soient (fig. 2) $C''W'' = w''$, $C'W' = w'$, les droites qui représentent en grandeur et en direction les vitesses w'' et w' définies plus haut. Considérons les positions des figures F et F′ après un temps infiniment petit dt.

Le centre instantané d'entraînement sera venu en g'' sur C″W″, à une distance $C''g''$ égale à $w''dt$. Pour savoir où est alors le centre de la rotation relative de F′, observons que la vitesse de ce point dans le plan résulte de sa vitesse relative C′W′ sur la figure F, et de sa vitesse d'entraînement C′T due au mou-

applications de la méthode, et il serait désirable de lui donner une plus grande portée, ce que l'on a essayé de diverses manières. L'extension que je propose dans ce travail élargit à l'infini le champ de ces applications, principalement en ce qui concerne les systèmes articulés, sur lesquels je me propose d'ailleurs de revenir.

1. Considérons une figure plane F qui se meut, d'un mouvement connu que nous nommerons *mouvement d'entraînement*, dans un plan regardé comme fixe. En même temps, une autre figure plane F′ se déplace sur le plan de la figure F, et l'on connait aussi ce *mouvement relatif* de F′ par rapport à F. Soient C″ (fig. 1) le centre instantané de rotation, K″ le pôle d'inflexion qui correspondent au mouvement d'entraînement; C′, K′ les mêmes points considérés dans le mouvement relatif de F′ sur F; il s'agit de déterminer le centre instantané C et le pôle K qui correspondent au mouvement absolu ou total de la figure F′ sur le plan fixe. Pour cela, nous admettrons d'abord que l'on connaisse les vitesses angulaires actuelles ω'' et ω' de la rotation d'entraînement et de la rotation relative respectivement, ainsi que les vitesses w'' et w' avec lesquelles les centres instantanés C″ et C′ se déplacent, le premier dans le plan fixe, le second sur la figure F (*); w' et w'' étant donnés en direction comme en grandeur, nous chercherons le point C, la vitesse angulaire ω de la rotation totale de F′, la vitesse w du centre instantané absolu dans le plan fixe.

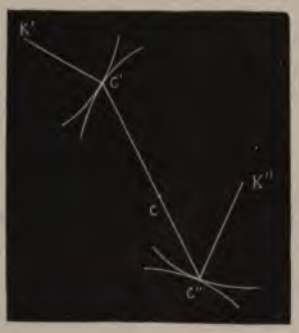


Fig. 1.

La détermination de la vitesse ω et du point C se fait immédiatement par la théorie de la composition des rotations autour

(*) Voir, pour la signification de la vitesse w, mon *Cours de mécanique*, p. 52.

d'axes parallèles. On sait que l'on aura $\omega = \omega' + \omega''$, et que le centre instantané C de la rotation totale tombera sur la droite C″ C′ qui joint les centres des rotations relative et d'entraînement, de manière à vérifier la proportion

$$\frac{C''C}{\omega'} = \frac{CC'}{\omega''} = \frac{C''C'}{\omega};$$

ou, en désignant par $\delta, \delta', \delta''$ les segments C″C′, C″C, CC′,

$$(1). \quad \frac{\delta'}{\omega'} = \frac{\delta''}{\omega''} = \frac{\delta}{\omega}.$$

Nous rappelons dès à présent que cette égalité et la construction qui s'en déduit s'appliquent d'une manière générale, quels que soient le sens des rotations et les positions relatives des points, pourvu que l'on attribue des signes contraires aux vitesses $\omega', \omega'', \omega$ lorsque les rotations auxquelles elles appartiennent sont de sens contraires, et qu'on affecte également les segments $\delta, \delta', \delta''$ de signes convenables d'après leurs positions. Nous regarderons comme positives les rotations s'effectuant de gauche à droite ou dans le sens des aiguilles d'une montre; les segments $\delta, \delta', \delta''$ seront comptés positivement de C″ vers C′, les deux premiers à partir de C″, le troisième à partir de C. On aura donc, dans tous les cas,

$$\delta > 0, \qquad \delta = \delta' + \delta''.$$

2. Le centre instantané absolu C étant connu, soient (fig. 2) $C''W'' = w''$, $C'W' = w'$, les droites qui représentent en grandeur et en direction les vitesses w'' et w' définies plus haut. Considérons les positions des figures F et F′ après un temps infiniment petit dt.

Le centre instantané d'entrainement sera venu en g'' sur C″W″, à une distance $C''g''$ égale à $w''dt$. Pour savoir où est alors le centre de la rotation relative de F′, observons que la vitesse de ce point dans le plan résulte de sa vitesse relative C′W′ sur la figure F, et de sa vitesse d'entrainement C′T due au mou-

vement de la figure F, vitesse qui est perpendiculaire à C″C′, dans un sens marqué par le signe de ω'', et égale à $\omega'' \times C''C' = \omega''\delta$. Construisant la résultante de C′W′ et de C′T, on aura la vitesse totale $C'W_1 = w_1$ du point C′ ; en sorte qu'à l'époque $t + dt$ le centre instantané relatif sera en g' sur $C'W_1$, à la distance $C'g' = w_1\,dt$. Pour trouver le centre instantané absolu g au même instant, il suffira donc de répéter la construction de tantôt, c'est-à-dire de partager $g''g'$ en deux segments qui soient en raison inverse des vitesses angulaires des rotations actuelles autour de g'' et de g'. On aura ainsi

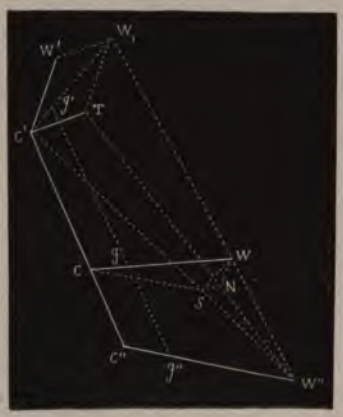


Fig. 2.

$$\frac{g''g}{\omega' + d\omega'} = \frac{gg'}{\omega'' + d\omega''} = \frac{g'g''}{\omega + d\omega},$$

et comme on peut négliger, aux dénominateurs, les infiniment petits $d\omega$, $d\omega'$, $d\omega''$, on voit que les rapports des segments $g''g$, gg', $g''g'$ sont les mêmes que ceux des segments C″C, CC′, C″C′, d'où les égalités

$$\frac{g''g}{\delta'} = \frac{gg'}{\delta''} = \frac{g''g'}{\delta}.$$

Ainsi, le point g partage $g''g'$ comme le point C partage C″C′. D'ailleurs, Cg sera la direction de la vitesse w avec laquelle le centre instantané absolu se déplace dans le plan, et l'on aura $Cg = w\,dt$, en sorte qu'il suffit de prendre sur la direction Cg une longueur CW égale à $\frac{Cg}{dt}$ pour avoir, en grandeur et en direction, la droite qui représente la vitesse w du point C dans le plan.

Mais, en vertu de la construction, les rapports

$$\frac{C''g''}{C''W''}, \quad \frac{C'g'}{C'W_1}, \quad \frac{Cg}{CW}$$

sont égaux, ayant pour valeur commune dt; les rapports

$$\frac{C''C}{CC'}, \quad \frac{g''g}{gg'}$$

sont aussi égaux. On en conclut facilement que le point W est situé sur la droite $W''W_1$, et la partage aussi dans le rapport

$$\frac{W''W}{WW_1} = \frac{C''C}{CC'}.$$

De là résulte cette construction : *Étant données les vitesses* $C''W''$, $C'W'$, *on construit la résultante* $C'W_1$ *de cette dernière et de la vitesse* $C'T = \omega''\delta$ *normale à* $C''C'$. *Puis, tirant les droites* $C'W''$, $W''W_1$, *on mène* CS *parallèle à* $C''W''$, *et par le point* S *où cette parallèle coupe* $C'W''$, SW *parallèle à* $C'W_1$. *La droite* CW *menée du point* C *au point* W *où cette seconde parallèle coupe* $W''W_1$ *est, en grandeur et en direction, la vitesse du centre instantané absolu dans le plan.*

Il est clair que l'on a, en effet

$$\frac{W''W}{WW_1} = \frac{W''S}{SC'} = \frac{C''C}{CC''}.$$

Remarquons que l'on possède dès à présent tout ce qui est nécessaire pour construire le pôle d'inflexion K, car on sait (*) que la droite CK qui joint le centre instantané à ce pôle est égale à $\frac{w}{\omega}$, et que sa direction s'obtient en faisant tourner celle de la vitesse w de 90° dans un sens contraire à celui de la rotation ω.

Remarquons aussi que les constructions précédentes sont

(*) Voir mon *Cours de mécanique*, p. 54.

toujours générales, quels que soient le sens des rotations ω', ω'' et les directions des vitesses w', w'' à partir des points C′, C″.

3. On peut donner une autre forme au théorème précédent. Si l'on joint les points T, W″ (fig. 2) et que l'on mène SN parallèle à C′T et terminée à TW″, il est clair que NW sera parallèle à TW_1 ou à C′W′, par la similitude des triangles SNW, $C'TW_1$; CW est donc la résultante des trois droites CS, SN, NW, et la construction devient celle-ci :

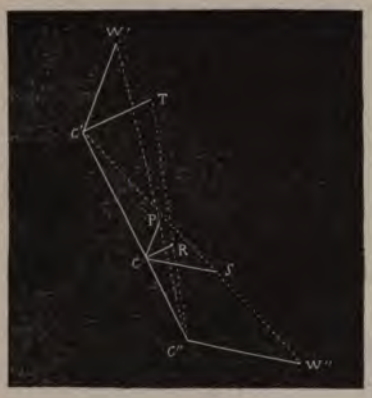


Fig. 3.

Étant données les droites C″W″, C′W′, C′T, *on mène du point* C (fig. 3) *des parallèles à ces trois droites, coupant respectivement les droites* C′W″, C″W′, C″T *en* S, P, R. *La résultante des droites* CS, CP, CR *donnera, en grandeur et en direction, la vitesse* CW *du centre instantané dans le mouvement absolu de la figure* F′.

On voit par là que la vitesse w est la résultante 1° d'une vitesse CS parallèle à w'' et égale à $\frac{\delta''}{\delta} w''$; 2° d'une vitesse CP parallèle à w' et égale à $\frac{\delta'}{\delta} w'$; 3° d'une vitesse CR perpendiculaire à C″C′ et égale à $\frac{\delta'}{\delta} \omega''\delta = \omega''\delta'$. Pour écrire commodément ce théorème, nous adopterons les principes et les notations de la Méthode des équipollences (*). Les segments δ, δ', δ'' étant dirigés suivant une même droite que l'on peut supposer être prise pour origine des inclinaisons, les composantes CS et CP seront représentées, en grandeur et en direction, par $\frac{\delta''}{\delta} w''$, $\frac{\delta'}{\delta} w'$, et la composante CR par $\omega''\delta' i$, i étant le coefficient de perpendicularité (équivalent à

(*) Cf. la traduction, par M. Laisant, de la Méthode des équipollences de M. Bellavitis. (*Nouv. Ann. de Math.*, 1873.)

$\sqrt{-1}$ dans la théorie des imaginaires). Le théorème ci-dessus s'exprime alors par l'équipollence

$$(2). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad w \simeq \frac{\delta'' w''}{\delta} + \frac{\delta' w'}{\delta} + \omega'' \delta' i.$$

Nous allons déduire de cette relation diverses conséquences remarquables, en particulier la solution de notre problème principal.

4. Dans l'équipollence (2), on peut remplacer les rapports des segments δ par ceux des vitesses angulaires ω, d'après (1), et écrire

$$w \simeq \frac{\omega'' w''}{\omega} + \frac{\omega' w'}{\omega} + \frac{\omega' \omega''}{\omega} \delta i,$$

ou, en multipliant par ω,

$$(3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \omega w \simeq \omega'' w'' + \omega' w' + \omega' \omega'' \delta i.$$

Les facteurs ω, ω', ω'' jouent ici le rôle de simples coefficients positifs ou négatifs, et ne changent rien à la direction des composantes. Si l'on projette les divers termes de cette équipollence sur la direction C''C', le dernier terme donnera une projection nulle, et l'on aura l'égalité remarquable

$$\omega w \cos \overline{w\delta} = \omega' w' \cos \overline{w'\delta} + \omega'' w'' \cos \overline{w''\delta}.$$

En second lieu, rien ne sera changé aux relations entre les droites qui entrent dans l'équipollence (3), si l'on fait tourner chacune d'elles autour du point C, de 90° dans le sens des rotations négatives, ce qui revient à multiplier par $-i$ tous les termes de l'équipollence (3), et à l'écrire

$$-\omega w i \simeq -\omega'' w'' i - \omega' w' i + \omega' \omega'' \delta.$$

Rappelons maintenant la remarque faite, pages 53-54 de mon *Cours de mécanique*. La vitesse C''W'' multipliée par ω'' et tournée de 90° dans le sens contraire à celui de la rotation ω'', c'est-à-dire $-\omega'' w'' i$, coïncide, en grandeur et en direction, avec l'accélération du point C'', *considéré comme appartenant à la figure* F, dans la rotation d'entraînement. On verrait de même

que $-\omega' w' i$, $-\omega w i$ représentent, en grandeur et en direction, l'un l'accélération du point C′ de la figure F′ dans le mouvement relatif; l'autre l'accélération du point C de la figure F′ dans le mouvement absolu ou total de F′. Enfin, la composante $\omega'\omega''\delta$, qui est maintenant couchée sur la direction C″C′, est égale et parallèle à la vitesse, due à la rotation d'entraînement autour de C″, de l'extrémité de la droite qui figurerait la vitesse du point C″ dans la rotation relative autour du point C′. En comparant ce dernier énoncé avec la règle pour construire l'accélération centripète composée dans les mouvements relatifs (*), on arrive au théorème suivant :

L'accélération totale du point C *de la figure* F′, *dans le mouvement absolu de celle-ci, est la résultante* 1° *de l'accélération du point* C″ *de la figure* F *dans le mouvement d'entraînement;* 2° *de l'accélération du point* C′ *de la figure* F′ *dans le mouvement relatif de celle-ci;* 3° *d'une accélération parallèle à l'accélération centripète composée du point* C″ *considéré comme lié à la figure* F′, *et égale à sa moitié.*

5. Venons maintenant à notre objet principal, qui est de trouver les points C, K étant donnés C′, K′, C″, K″, (fig. 4). Il faut évidemment, pour compléter ces données, que l'on connaisse, soit le rapport des vitesses angulaires ω' et ω'' des rotations relative et d'entraînement, soit une donnée équivalente, telle que le rapport $\frac{w'}{w''}$, car les relations connues

Fig. 4.

$$C''K'' = \frac{w''}{\omega''}, \quad C'K' = \frac{w'}{\omega'},$$

suffiront alors pour déterminer le rapport $\frac{\omega'}{\omega''}$.

(*) Voir mon *Cours de mécanique*, p. 64.

La connaissance de ce rapport, comme nous l'avons vu, permet de construire le point C. Reprenons l'équipollence (2), divisons-la par ω, et nous aurons

$$\frac{w}{\omega} \simeq \frac{\delta''}{\delta}\frac{\omega''}{\omega}\frac{w''}{\omega''} + \frac{\delta'}{\delta}\frac{\omega'}{\omega}\frac{w'}{\omega'} + \frac{\omega''}{\omega}\delta' i,$$

ou, remplaçant les rapports des vitesses angulaires par ceux des segments en vertu des équations (1),

$$\frac{w}{\omega} \simeq \frac{\delta''^2}{\delta^2}\frac{w''}{\omega''} + \frac{\delta'^2}{\delta^2}\frac{w'}{\omega'} + \frac{\delta'\delta''}{\delta} i.$$

Multiplions cette équipollence par $-i$, ce qui revient à faire tourner toutes les droites de 90° en sens inverse des rotations positives, il viendra :

$$-\frac{iw}{\omega} \simeq -i\frac{\delta''^2}{\delta^2}\frac{w''}{\omega''} - i\frac{\delta'^2}{\delta^2}\frac{w'}{\omega'} + \frac{\delta'\delta''}{\delta}.$$

Or, $-\frac{iw''}{\omega''}$ étant perpendiculaire à C''W'', coïncidera, en grandeur et en direction, avec C''K'' ; de même $-\frac{iw'}{\omega'}$, $-\frac{iw}{\omega}$ représentent les droites C'K', CK. Enfin, le terme $\frac{\delta'\delta''}{\delta}$ représente une droite dirigée suivant C''C', dans un sens déterminé par le signe de cette expression. De là l'équipollence

$$(4) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad CK \simeq \frac{\delta''^2}{\delta^2} C''K'' + \frac{\delta'^2}{\delta^2} C'K' + \frac{\delta'\delta''}{\delta}.$$

Sans nous arrêter à formuler le théorème exprimé par cette équipollence, nous allons indiquer la construction à laquelle elle conduit. La droite CK est la résultante des trois composantes qui figurent au second membre. Pour mener du point C une parallèle à C''K'', égale à $\frac{\delta''^2}{\delta^2}$ C''K'', joignons C'K'', menons CD parallèle à C''K'', DI parallèle à CC'', et joignons C'I ; cette droite coupera CD en un point A, tel que

$$CA \simeq \frac{\delta''}{\delta} C''I \simeq \frac{\delta''}{\delta} CD \simeq \frac{\delta''^2}{\delta^2} C''K''.$$

On construira de même CB parallèle à C′K′ et égal à $\frac{\delta'^2}{\delta^2}$ C′K′. Enfin, tirons CK″, et DE, parallèle à CK″, coupera C″C′ en un point E tel que

$$CE \simeq \frac{K''D}{K''C'} CC' \simeq \frac{\delta'\delta''}{\delta}.$$

Ces constructions sont générales quelles que soient les positions relatives des segments. La droite cherchée CK sera la résultante de CA, CB, CE; mais la construction se simplifie. En effet, pour composer d'abord CA et CE, menons EG égal et parallèle à CA; le point G sera sur la droite C′K″, car on a, en vertu de cette construction,

$$EG = CA = \frac{\delta''}{\delta} CD = \frac{C'D}{C'K''} CD = \frac{EC'}{CC'} CD.$$

Il ne restera plus qu'à tirer GK égal et parallèle à CB pour trouver le point K. Mais remarquons encore que BE est parallèle à D′C′, car on a

$$CB = \frac{\delta'^2}{\delta^2} C'K' = \frac{\delta'}{\delta} CD' = \frac{CE}{CC'} CD'.$$

Nous pouvons donc formuler la règle suivante, très-simple et applicable à tous les cas : *Après avoir construit le point* C *comme il est dit plus haut, on tirera* (fig. 5) *les droites* C′K″, C″K′, CK″; *on mènera, entre les droites* C″C′ *et* C′K″, CD *parallèle à* C″K″, DE *parallèle à* K″C, EG *parallèle à* C″K″. *Tirant ensuite* CD′ *parallèle à* C′K′, *joignant* C′D′, *et menant* EB *parallèle à* C′D′, *la droite* GK *égale et parallèle à* CB *conduira au point* K, *pôle d'inflexion du mouvement absolu.*

Fig. 5.

La connaissance du point K permet de construire le centre de courbure de la trajectoire absolue d'un point quelconque de la figure F'. De plus, on sait que CK coïncide avec la normale commune aux deux courbes qui, en roulant l'une sur l'autre, détermineraient le mouvement absolu de la figure F', et que l'on a

$$\frac{1}{CK} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2},$$

R_1 et R_2 étant les rayons de courbure respectifs de ces deux courbes.

6. Remarques. — Lorsqu'un mouvement plan se réduit à une rotation autour d'un point fixe, le pôle d'inflexion se confond avec ce centre de rotation (la vitesse w étant nulle). Ce cas pouvant se présenter pour chacun des mouvements composants, il suffira d'observer ici que 1° si C''K'' est nul, le point G se confondra avec le point E, dont la position, *tout à fait indépendante de celle des pôles* K'' *et* K', se construit toujours sans difficulté par l'équipollence

$$CE \simeq \frac{\delta'\delta''}{\delta}.$$

2° Si C'K' est nul, le point B se confond avec le centre instantané C, et CO étant nul, GK est nul aussi ; le pôle K tombe en G.

Lorsque les vitesses angulaires ω', ω'' sont égales, le point C tombe au milieu de C''C' ; on voit sans peine que les composantes CA, CB, CE, sont respectivement le quart des droites C''K'', C'K', C''C', d'où il suit que, si l'on tire du point K'' une droite K''H égale et parallèle à C''C' ; du point H une droite HI égale et parallèle à C'K', le point K sera sur CI, à la distance $CK = \frac{1}{4}CI$.

7. Nous ne nous arrêterons pas à présenter des applications, que l'on peut varier à l'infini, de la théorie précédente. Une seule suffira. Considérons (fig. 6) un cercle de rayon a, roulant sur une droite fixe OX, pendant qu'une droite MN roule dans

le même sens sur la circonférence du cercle. On sait que le centre instantané du premier mouvement est au point de contact C″ du cercle et de la droite fixe; le pôle K″ est au centre du cercle, et l'on a $w'' = a\omega''$. Le centre instantané relatif est au point de contact C′ de MN avec le cercle, K′ sur le rayon K″C′ prolongé, à une distance $C'K' = a$. Si donc n désigne le rapport donné des vitesses $\frac{w'}{w''}$, on aura $\frac{\omega'}{\omega''} = \frac{w'}{w''} = n$, et le centre C sera donné par les relations

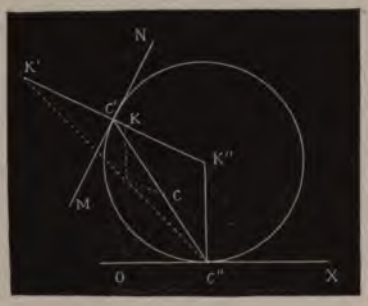


Fig. 6.

$$\frac{C''C}{n} = \frac{CC'}{1} = \frac{C''C'}{n+1}.$$

On déduit facilement de là les égalités

$$CE = \frac{n}{(n+1)^2} C''C', \quad K''G = \frac{n(n+2)}{(n+1)^2} a, \quad CB = GK = \frac{n^2}{(n+1)^2} a,$$

d'où

$$K''K = \frac{2na}{n+1}, \quad KK' = \frac{2a}{n+1}, \quad \frac{K''K}{n} = \frac{KK'}{1} = \frac{K''K'}{n+1}.$$

Ainsi le point K partage K″K′ comme le point C partage C″C′, ce qui donne une construction très-simple du point K.

8. Remarquons, en finissant, que la méthode, une fois trouvée pour un mouvement composé de deux mouvements plans, s'applique d'elle-même à un mouvement composé d'autant d'autres qu'on le voudra. En effet, on peut concevoir une troisième figure F″ se mouvant d'un mouvement relatif dans le plan de F′, construire par les théorèmes ci-dessus le centre instantané C_1 et le pôle d'inflexion K_1 correspondant au mouvement relatif de F″ par rapport à F; puis, à l'aide des mêmes principes, on tirera de C_1, K_1, C'', K'', le centre instantané absolu C et le pôle K, et ainsi de suite.

RECHERCHES

SUR LES

DÉRIVÉS GLYCÉRIQUES

PAR

M. Louis HENRY,

Professeur de Chimie à l'Université catholique de Louvain.

SUR LES COMPOSÉS PROPARGYLIQUES.

PREMIER MÉMOIRE.

Dans le grand nombre des composés si divers dont la chimie organique s'est enrichie dans ces dernières années, les dérivés *propargyliques* C_3H_3X me paraissent dignes de fixer l'attention d'une manière spéciale.

Outre l'intérêt, au point de vue théorique, qu'ils tirent de leur composition, ces composés se font remarquer entre tous par la variété et l'étrangeté même de leurs propriétés générales; il est en effet peu de corps susceptibles de se présenter à l'étude sous des aspects aussi divers : pour le dire en un mot, ce sont tout à la fois des dérivés *alcooliques* et *primaires*, des composés *non saturés*, et en même temps *bi* et *tétravalents*, enfin des dérivés *acétyléniques*.

Ainsi que je le démontrerai, les composés *propargyliques* ne sont au fond que les dérivés primaires de l'allylène,

$$\begin{array}{c} C_3H_4 \\ \\ CH_3 \\ | \\ C \\ ||| \\ CH \end{array} \qquad \begin{array}{c} C_3H_3X \\ \\ CH_2X \\ | \\ C \\ ||| \\ CH \end{array}$$

aussi c'est dans le cours de ses belles recherches sur cet hydrocarbure, que M. Liebermann rencontra le premier composé de cette nature, l'éthyloxy-allylène $C_2H_5O - C_3H_3$, qu'il désigna sous le nom d'*éther propargylique* pour rappeler tout à la fois l'existence dans le groupement hydrocarboné C_3H_3, du noyau tricarboné C_3 des combinaisons *propyliques*, et l'affinité spéciale qu'il manifeste pour l'argent (αργυρος). Cette dénomination à laquelle l'euphonie, très-indulgente d'ailleurs à l'égard des chimistes, n'a pas de reproches sérieux à adresser, a été acceptée; elle est aujourd'hui consacrée par un usage général. Nous l'acceptons volontiers à notre tour; espérons que dans l'avenir elle deviendra, dans sa finale du moins, une dénomination générique parmi les composés non saturés et qu'à côté des dérivés *propargyliques*, nous posséderons des dérivés *but-argyliques*, etc.

Au moment où j'ai été amené à en reprendre l'étude, il y a quelques années, dans le cours des recherches que je poursuis sur les dérivés *tricarbonés*, les composés propargyliques n'étaient encore que fort peu connus; ils constituaient, puis-je dire, dans le vaste empire du carbone, une terre sinon tout à fait vierge, du moins véritablement inexplorée. On ne connaissait en effet que l'éther propargylique $C_3H_3 - OC_2H_5$ de M. Liebermann, décrit par lui en 1865 (1); depuis cette époque, l'étude de ce composé n'avait pas fait de progrès bien sérieux; M. Baeyer (2), et plus tard M. Oppenheim (3), avaient signalé comme propres à le

(1) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CXXXV, p. 280.
(2) *Id.*, t. CXXXVIII, p. 196.
(3) *Comptes rendus*, t. LXV, p. 409.

fournir, divers composés analogues à ceux indiqués primitivement par M. Liebermann; à part cela, ce corps n'avait guère fixé l'attention et demeurait dans un complet isolement; il est bon d'ajouter que son mode de préparation était peu avantageux et l'on sait que les efforts des chimistes ne se portent guère sur les corps qui ne s'obtiennent que difficilement et en quantité minime.

La suite de ce travail fera voir quel est aujourd'hui l'état de nos connaissances, sur l'ensemble de ces composés. Il ne m'est certainement pas nécessaire de le dire, je n'ai pas la prétention d'avoir épuisé le sujet; il n'en est pas d'ailleurs qui soit susceptible de l'être véritablement. Je sais qu'il reste à faire plus, beaucoup plus, que ce que je suis parvenu, après bien des efforts cependant, à réaliser; néanmoins j'ose croire qu'après mes travaux, M. A. Saytzeff n'était plus en droit de ranger, comme il l'a fait l'an dernier [1], l'alcool propargylique parmi les alcools non saturés connus seulement d'une manière conjecturale.

DÉRIVATION, PRÉPARATION ET PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES.

Les dérivés *propargyliques* ont pour point de départ immédiat les dérivés *allyliques*, de même que l'*allylène* a pour point de départ le *propylène;* entre ces divers ordres de composés, primordiaux et dérivés, existent, en effet, les mêmes relations de composition

C_3H_4	C_3H_3X	C_3H_6	C_3H_5X
CH_3	CH_2X	CH_3	CH_3
|	|	|	|
C	C	CH	CH
‖‖	‖‖	‖	‖
CH	CHX	CH_2	CH_2

Toute la différence consiste dans une molécule d'hydrogène; le mode de dérivation est aussi le même pour les uns et les autres.

On ne connaît pas jusqu'ici d'agent direct de déshydrogénation

---

[1] *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXXV, p. 130 (1877).

et l'hydrogène $(H_2)_n$ ne s'élimine des composés organiques que sous forme de molécule complexe HX, X représentant un radical négatif, soit (OH), mais le plus généralement un corps halogène; cette élimination d'hydracide halogéné se fait, comme l'on sait, sous l'action des alcalis caustiques.

En réalité, c'est donc des dérivés *allyliques monosubstitués* que s'obtiennent les composés propargyliques, de même que l'allylène résulte du *propylène* monosubstitué, monochloré ou monobrômé

$$\begin{matrix}(C_3H_4\,Br)\,X \\ C_3H_5Br\end{matrix} \quad - HBr = \quad \begin{matrix}(C_3H_3)\,X \\ C_3H_4\end{matrix}$$

Mais ces dérivés haloïdes de substitution provenant de composés déjà non saturés, ne s'obtiennent eux-mêmes qu'indirectement; alors que l'on s'engage dans la voie de la déshydrogénation, pour la porter à un degré plus avancé dans un composé déterminé déjà non saturé lui-même, il est nécessaire de revenir en arrière, c'est-à-dire de repasser soit par le composé saturé correspondant ou au moins par un composé moins déshydrogéné. Dans le fait, on forme le produit d'addition du composé non saturé avec un corps halogène, chlore ou brôme, et on soumet celui-ci, en une fois ou successivement en deux fois, à l'action des alcalis caustiques qui éliminent soit la moitié, soit la totalité du corps halogène, à l'état d'hydracide HX

$$\begin{matrix}C_3H_4 \\ \\ CH_2Br \\ | \\ CH_2Br\end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ - HBr = \\ \\ - 2HBr = \end{matrix} \quad \begin{matrix}C_3H_2 \\ CHBr \\ \| \\ CH_2 \\ CH \\ \| \\ CH.\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}C_6H_{10} \\ \\ C_3H_3Br_2 \\ | \\ C_3H_3Br_2\end{matrix} \quad \begin{matrix} \\ - 2HBr = \\ \\ - 4HBr = \end{matrix} \quad \begin{matrix}C_6H_6 \\ C_3H_4Br \\ \| \\ C_3H_4Br. \\ C_3H_3 \\ \| \\ C_3H_3,\end{matrix}$$

formant, dans le premier cas, un dérivé non saturé du même ordre que le dérivé primitif, mais substitué, dans le second, un dérivé non saturé nouveau, d'une atomicité plus élevée.

C'est ainsi que du propylène C_3H_6, on n'arrive à l'allylène C_3H_4 que par son chlorure ou son brômure;

$$C_3H_6Br_2 - HBr = C_3H_5Br$$
$$C_3H_5Br - HBr = C_3H_4.$$

De la même manière, les dérivés propargyliques naissent des produits d'addition des composés allyliques aux corps halogènes,

$$(C_3H_5)''' XR_2$$

composés qui, sous l'action des alcalis caustiques, donnent, prochainement, des dérivés allyliques monosubstitués

$$(C_3H_5R_2) X - HR = (C_3H_4R) X$$

et finalement des composés propargyliques

$$(C_3H_4R) X - HR = C_3H_3X.$$

Ces dérivés allyliques d'addition $(C_3H_5) R_2X$ ne sont autre chose, en dernière analyse, que des chlorhydrines ou brômhydrines glycériques dissymétriques de la formule générale

$$\begin{array}{l} CH_2X \\ | \\ CHR \\ | \\ CH_2R. \end{array}$$

C'est donc en fin de compte à des dérivés glycériques, d'une nature déterminée, qu'il faut remonter pour aboutir, en partant des dérivés allyliques, aux dérivés propargyliques correspondants

$$C_3H_5X \qquad C_3H_5 < \begin{matrix} X \\ R_2 \end{matrix} \qquad C_3H_3X.$$

En résumé, les dérivés propargyliques s'obtiennent immédiatement et directement, à l'aide des dérivés allyliques monosubstitués, sous l'action des alcalis caustiques et ceux-ci sont eux-mêmes

le résultat de l'action incomplète des alcalis sur les produits d'addition au chlore, au brôme, etc., des composés allyliques.

On voit par là combien est longue à parcourir la voie qui conduit aux composés propargyliques; on peut juger aussi par là du temps qu'exigent ces opérations multiples et de la diminution énorme qu'elles font subir à la quantité de produit que l'on a primitivement employée.

L'acide brômhydrique s'élimine en général plus aisément, et à une température moins élevée que l'acide chlorhydrique; aussi ce sont les produits brômés dont je me suis presque exclusivement servi. Je me suis en général borné à constater que les produits chlorés se comportent de la même manière.

J'ai pris pour point de départ réel dans toutes ces recherches l'alcool allylique lui-même. Celui-ci a d'abord été préparé dans mon laboratoire et en notable quantité; après avoir rencontré de graves mécomptes dans sa préparation, mécomptes que j'attribue à la nature de la glycérine dont j'ai dû, à un certain moment, faire usage, j'ai trouvé plus commode de me fournir de ce produit à l'établissement si avantageusement connu de M. Kahlbaum, à Berlin. Je saisis volontiers cette occasion pour constater l'excellence des articles fournis par cette maison.

Aujourd'hui que l'iodure d'allyle s'obtient si aisément, si rapidement et en quantité si notable, en suivant les indications de MM. J. Kannonikoff et M. Saytzeff [1], il serait, sous certains rapports, plus avantageux de partir de ce composé.

On voit donc que c'est en fin de compte la glycérine elle-même qui est le point de départ des composés propargyliques, auxquels on aboutit en passant par l'alcool allylique

$$C_3H_5(OH)_3 \qquad C_3H_5(OH) \qquad C_3H_5(OH).$$

Les composés propargyliques, quels qu'ils soient, C_3H_3X, possèdent, en commun, quelques propriétés générales.

---

[1] *Liebig's Annalen der Chimie*, t. CLXXXV, p. 191.

Leur pouvoir additionnel d'abord; tous se combinent énergiquement, à la façon des composés non saturés en général, avec divers systèmes moléculaires, tant simples que composés, notamment avec les corps halogènes et le plus aisément parmi ceux-ci avec le brôme. En rapprochant leur formule de celles des composés allyliques et propyliques,

$$\underset{0}{(C_7H_5)'}\,X \qquad \underset{2}{(C_5H_5)'''}\,X \qquad \underset{4}{(C_3H_3)^{V}}\,X,$$

on aperçoit de suite quelle doit être leur capacité de saturation et comment elle doit s'épuiser : ils sont *tétravalents* par rapport aux composés *propyliques*, *bivalents* par rapport aux composés *allyliques;* leur saturation s'accomplit en deux temps, s'unissant d'abord à *deux*, puis à *quatre* unités d'action chimiques, et formant dans le premier cas des composés *allyliques bi-substitués*, dans le second des composés propyliques *tétra-substitués*

$$(C_3H_5)\,X \qquad (C_3H_5Br_2)\,X \qquad (C_3H_3Br_4)\,X.$$

Au point de vue qualitatif, ils présentent l'ensemble des réactions si éminemment caractéristiques des composés *acétyléniques;* introduits dans la solution ammoniacale du chlorure cuivreux, ils y occasionnent un précipité *jaune serin*, dans la solution ammoniacale de l'azotate d'argent un précipité *blanc*, l'un et l'autre insolubles dans l'eau, l'ammoniaque aqueuse, l'alcool et l'éther. Ces précipités sont tous deux *monométalliques.*

J'examinerai plus loin, avec tous les développements qu'elle comporte, la question de la constitution de ces composés. Je me bornerai à constater, dès à présent, un fait général qui résulte tant de l'ensemble de leurs propriétés que de leur mode commun de production; de même que les dérivés *allyliques* sont les dérivés *primaires* du *propylène*, les dérivés *propargyliques* sont les dérivés *primaires* de l'*allylène*, les uns et les autres se placent naturellement à côté des composés *propyliques* normaux

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} \qquad \begin{array}{c} CH_2X \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3 \end{array} \qquad \begin{array}{c} CH_2X \\ | \\ CH \\ \| \\ CH_2 \end{array} \qquad \begin{array}{c} CH_2X \\ | \\ C \\ \| \\ CH, \end{array}$$

dont ils naissent par l'élimination successive d'*une*, puis de *deux* molécules d'hydrogène dans le système bicarboné $-CH_2-CH_3$.

La volatilité comparée de ces produits présente une particularité bien digne de remarque. L'élimination de la première molécule d'hydrogène n'influe pas sur la volatilité du produit primitif; on sait en effet que les composés allyliques ont, à fort peu de chose près, le même point d'ébullition que les composés ortho-propyliques.

C_3H_7-OH	Éb. 97°	C_3H_5-OH . . .	Éb. 96°-97°
C_3H_7Cl	46°5	C_3H_5Cl	46°
C_3H_7Br	71°	C_3H_5Br	70°-71°
C_3H_7Io	102°	C_3H_5Io	101°
$C_3H_7(C_2H_3O_2)$	103°	$C_3H_5(C_2H_3O_2)$. . .	103°-105°.

Il n'en est plus de même alors que la déshydrogénation est poussée plus loin; l'élimination de la seconde molécule d'hydrogène détermine une diminution sensible dans la volatilité du produit, les composés *propargyliques* ont un point d'ébullition d'environ 20° plus élevé que celui des composés allyliques correspondants.

C_3H_3OH	Éb. 96°-97°	C_3H_3OH.	Éb. 115°
C_3H_3Cl	46°	C_3H_3Cl	65°
C_3H_3Br	70°-71°	C_3H_3Br.	88°-90°
$C_3H_3(OC_2H_5)$ . . .	64°	$C_3H_3(OC_2H_5)$. . .	85°
$C_3H_3(C_2H_3O_2)$ . . .	150°	$C_3H_3(C_2H_3O_2)$. . .	125°

ALCOOL PROPARGYLIQUE

C_3H_3-OH.

L'alcool propargylique résulte de l'action de la potasse caustique sur l'alcool allylique monobrômé CH_4Br (OH).

$$(C_3H_4Br)\,OH + KOH = C_3H_3\,(OH) + KBr + H\,(OH).$$

Ni la potasse caustique solide et seule, ni sa solution dans l'alcool ne peuvent être avantageusement employées dans ce but.

La réaction de l'alcool allylique monobrômé sur la potasse solide est très-vive et accompagnée d'un échauffement considérable ; il y a tout à la fois combinaison et débrômuration. Après quelques instants, la masse brunit et il se dégage abondamment des vapeurs blanches, formées de gaz combustibles et notamment d'hydrogène et d'acétylène, c'est-à-dire que l'alcool propargylique formé est détruit.

L'action de la potasse caustique en solution alcoolique est aussi fort énergique sur l'alcool allylique monobrômé; quoique n'aboutissant pas à un aussi désastreux résultat, son emploi n'est guère profitable; la présence de l'alcool éthylique complique d'une manière fâcheuse la purification du produit.

Peut-être pourrait-on faire usage avec plus de succès d'une solution de potasse dans l'alcool méthylique? Je n'ai pas essayé jusqu'ici ce procédé, dont l'idée me vient en écrivant ces lignes.

J'ai toujours employé la potasse caustique en solution aqueuse. On en fait une solution concentrée et l'on y verse la quantité calculée d'alcool allylique monobrômé; celui-ci s'y dissout en s'échauffant notablement; le tout forme une liqueur claire, faiblement jaunâtre. On la chauffe légèrement pendant quelque temps, au bain de sable, dans un ballon, en communication avec un appareil à reflux. Une réaction vive ne tarde pas à se produire; il se dépose abondamment du brômure de potassium, dont la quantité augmente par le refroidissement de la liqueur et en même temps celle-ci brunit intensément.

Il est indispensable de ne prendre qu'un léger excès de potasse caustique par rapport à la quantité d'alcool allylique monobrômé employé, afin de mettre le produit à l'abri des atteintes de l'alcali. Néanmoins, il en est toujours une partie qui est détruite, ainsi que l'indiquent et la couleur brune que prend la liqueur, et le dégagement constant d'acétylène pendant l'opération. Nous verrons d'ailleurs plus loin que, même dans ces conditions, une partie de la potasse caustique théoriquement nécessaire, forme excès, puisque une partie de l'alcool allylique monobrômé se transforme en son éther simple $(C_3H_4Br)_2O$.

Alors que l'on juge que la débrômuration est aussi complète

qu'elle peut l'être, on fait passer dans la liqueur refroidie et séparée aussi complétement que possible du brômure de potassium, un courant d'anhydride carbonique; la saturation de la potasse caustique restée libre détermine la séparation d'une couche huileuse surnageante. Le liquide aqueux est soumis à la distillation et l'addition du carbonate potassique au produit distillé sépare aussi de celui-ci une nouvelle couche huileuse surnageante qui est réunie à la première. C'est là qu'est renfermé l'alcool propargylique formé. Souvent aussi dans cette distillation il passe une certaine quantité d'un liquide incolore, plus dense que l'eau et insoluble dans celle-ci.

L'alcool propargylique brut est d'abord desséché à l'aide du carbonate potassique. Soumis ensuite à une première distillation, il commence à passer vers 105°; la plus grande partie, environ les quatre cinquièmes, passent de 105° à 118°; à la fin, le thermomètre s'élève jusqu'à 140° et au delà.

Ni la chaux ni la baryte caustique, et celle-ci encore moins, ne peuvent être employées pour dessécher totalement l'alcool propargylique encore aqueux. On continue la dessiccation de la portion qui a bouilli jusque vers 120° à l'aide du carbonate potassique. Après quelques rectifications, opérées prudemment, on parvient à recueillir un produit pur et bouillant d'une manière constante, sous la pression ordinaire, à 114°-115°.

Le rendement de cette opération en alcool propargylique n'est que médiocrement satisfaisant; on obtient à peine la moitié de la quantité d'alcool que l'on devrait théoriquement obtenir. Voici les résultats numériques d'une des multiples préparations que j'ai faites. 475 grammes d'alcool allylique monobrômé ont été soumis, en trois opérations distinctes, à l'action de la potasse caustique. J'ai recueilli environ 125 grammes d'alcool propargylique brut, qui ont laissé après une première distillation un résidu de carbonate potassique pesant 10 grammes. J'en ai retiré à peu près 100 grammes d'alcool propargylique bouillant de 105° à 120°. A cette quantité d'alcool allylique monobrômé correspondent 195 grammes d'alcool propargylique.

La faiblesse de ces rendements tient à une double cause :

d'abord à ce qu'une partie de l'alcool propargylique subit l'action de la potasse caustique; et surtout, ainsi que je le ferai voir plus loin, à ce qu'une partie de l'alcool allylique monobrômé échappe à la réaction, tout en changeant profondément de nature chimique.

Si de plus l'on tient compte du grand nombre de réactions et de transformations par lesquelles il faut passer, en partant soit de la glycérine, soit de l'alcool allylique, pour arriver finalement à l'alcool allylique monobrômé, on pourra se faire une juste idée de la haute valeur à laquelle peut atteindre l'alcool propargylique, du temps et des peines que coûte sa longue préparation. Il n'est pas inutile de nous y arrêter un instant.

On part de la *tribromhydrine glycérique* $C_3H_5Br_3$, laquelle peut s'obtenir aisément, soit par l'addition du brôme au brômure d'allyle [1], soit par la réaction de celui-ci à l'iodure d'allyle [2]. Distillé sur de la soude caustique, la *tribrômhydrine* $(C_3H_5)\ Br_3$ se transforme en *brômure d'allyle monobrômé* $(C_3H_4Br)\ Br$. Celui-ci, chauffé dans un appareil à reflux, avec de l'acétate de potassium en solution dans l'alcool, se transforme à son tour en *acétate d'allyle monobrômé* $(C_3H_4Br)\ C_2H_3O_2$, lequel, sous l'action de la potasse caustique, fournit enfin l'*alcool allylique monobrômé* C_3H_4Br-OH. Aucune de ces diverses réactions ne se passe avec la régularité complète que l'on constate dans certains cas, avec avantage et plaisir; chacune de ces manipulations successives est accompagnée d'une perte sensible de substance. Ces 475 grammes d'alcool allylique monobrômé qui m'ont fourni environ 100 grammes d'alcool propargylique, provenaient eux-mêmes de 635 grammes d'acétate d'allyle monobrômé, lesquels avaient été produits à leur tour par 850 grammes de brômure d'allyle monobrômé. Ceux-ci provenaient enfin de 1600 grammes environ de tribrômhydrine glycérique. Or 281 grammes de tri-

---

(1) J'ai démontré précédemment l'identité complète du tribrômure d'allyle avec la tribrômhydrine glycérique. C'est là un fait passé aujourd'hui dans le domaine des vérités classiques et en dehors de toute contestation. Voir *Comptes rendus*, mars et juin 1870.

(2) Obtenu suivant les indications de MM. Kannonikoff et Saytzeff, par l'action du phosphore et de l'iode sur la glycérine. *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXXXV, p. 191.

brômhydrine correspondent à 56 grammes d'alcool propargylique; de 1600 grammes de tribrômhydrine, j'aurais dû retirer finalement, si toutes les modifications et réactions par lesquelles il faut faire passer ce composé pouvaient être exécutées sans pertes, 320 grammes environ d'alcool C_3H_3-OH. En réalité, je n'en ai obtenu que 100 grammes à peu près, soit 30 °/₀ de la quantité théorique. Voici des chiffres qui permettront de suivre pas à pas ces pertes dans chacune des réactions exécutées dans l'opération générale dont je rends compte :

PRODUIT			RENDEMENT		PERTE °/₀
primitif	quantité employée	obtenu	théorique	réel.	
$C_3H_5Br_3$	1600 gr.	(C_3H_4Br) Br	1138 gr.	850 gr.	25
(C_3H_4Br) Br	850 gr.	(C_3H_4Br) $C_2H_3O_2$	760 gr.	635 gr.	16
(C_3H_4Br) $C_2H_3O_2$	635 gr.	C_3H_4Br - OH	485 gr.	475 gr.	2
C_3H_4Br - OH	475 gr.	C_3H_3 - OH	195 gr.	95-100 gr.	51

On voit que les déficits les plus considérables dans le rendement se constatent au début et à la fin surtout de l'opération.

Lors de la transformation du tribrômure d'allyle $C_3H_5Br_3$ en brômure d'allyle monobrômé, une partie du corps employé échappe à la réaction, entraînée par le brômure monobrômé formé; elle peut être utilisée plus tard; mais il en est une autre partie qui se détruit; il se forme en effet dans cette réaction une quantité fort appréciable, d'une matière carbonée, de couleur brune, fixe et insoluble dans l'eau, et dans les dissolvants ordinaires. Malgré les nombreux essais, auxquels je l'ai soumise, je n'ai pu encore jusqu'ici m'édifier sur la nature de ce produit singulier.

L'origine de la perte considérable qui a lieu lors de la formation de l'alcool propargylique tient, ainsi que je l'ai déjà dit, à ce qu'une partie de l'alcool allylique monobrômé échappe à l'action de la potasse caustique, du moins à la réaction propargylique.

Lors de la distillation de la liqueur potassique, après la saturation par l'anhydride carbonique, il passe, ai-je dit, un liquide

insoluble et plus dense que l'eau. J'avais cru d'abord, avant tout examen, avoir affaire là à de l'alcool allylique monobrômé, échappé aux atteintes de la potasse caustique. Il a suffi de soumettre ce liquide à la distillation pour dissiper cette erreur; si de l'alcool mono-brômo-allylique s'y trouve, ce n'est qu'en quantité fort minime. Une faible partie de ce produit passe avant 140° et présente, quoique insoluble dans l'eau, les réactions propargyliques; le thermomètre s'élève rapidement et se fixe au delà de 200°; la majeure partie de ce liquide est constituée, ainsi que je l'ai constaté, d'*oxyde d'allyle monobrômé* $(C_3H_4Br)_2O$, lequel constitue un liquide assez épais, insoluble dans l'eau et plus dense qu'elle, bouillant vers 210°-215°. Je ne fais que signaler ici l'existence de ce composé dont je m'occuperai spécialement dans mon travail sur les dérivés allyliques de substitution. Il est vraisemblable qu'à côté de ce produit, il se forme en même temps l'éther simple propargylique $(C_3H_3)_2O$ et le composé intermédiaire l'oxyde de propargyle et de monobrômallyle

$$C_3H_3 - O - C_3H_4Br.$$

La formation d'éthers simples dans cette réaction a pour conséquence de rendre inutile une portion notable de la potasse caustique employée; celle-ci, réagissant à son tour sur l'alcool propargylique, en détermine la destruction d'une certaine partie et de là le dégagement constant d'hydrogène mêlé de gaz acétylène que l'on remarque dans ces sortes d'opérations.

La réaction de la potasse caustique sur l'alcool allylique monobrômé est donc au fond beaucoup plus complexe qu'elle ne le paraît au premier abord : une partie de cet alcool subit une débrômuration et se transforme en alcool propargylique

$$C_3H_4Br - OH + KOH = C_3H_3 - OH + KBr + H_2O;$$

et, pour rester exclusivement dans les faits constatés expérimentalement, une autre partie se déshydrate et se transforme en éther simple

$$2C_3H_4Br - OH = (C_3H_4Br)_2O + H_2O.$$

On n'a pas jusqu'ici, à ma connaissance du moins, signalé un fait aussi net et aussi évident d'éthérification simple d'un alcool sous l'action des alcalis caustiques. Un fait analogue a cependant été signalé précédemment par M. H. Abeljanz [1] dans le cours de son travail sur l'éther éthylique bichloré; c'est la formation du composé

$$O < \begin{matrix} C_2H_3Cl - OC_2H_5 \\ C_2H_3Cl - OC_2H_5 \end{matrix}$$

lors de l'action de la potasse caustique sur l'éther bichloré $C_2H_3Cl_2 - OC_2H_5$. Il se forme vraisemblablement d'abord l'alcool $C_2H_3Cl\,(OH) - OC_2H_5$ dont deux molécules se déshydratent ensemble sous l'action ultérieure de l'alcali présent. On voit qu'ici la réaction n'a pas le même caractère de simplicité et d'évidence qu'avec l'alcool allylique monobrômé.

Quoi qu'il en soit, cette déshydratation des alcools de substitution sous l'action des alcalis caustiques est entièrement assimilable à celle que subissent dans les mêmes conditions divers hydroxydes métalliques, notamment ceux du cuivre.

Il se forme encore de l'alcool propargylique et en quantité fort appréciable, lors de la saponification par la potasse caustique de l'acétate d'allyle monobrômé. Je n'ai pas trouvé d'avantage à employer pour la préparation de mon produit, cet acétate lui-même, en évitant de le transformer, par une opération spéciale, en alcool allylique monobrômé.

L'analyse de l'alcool propargylique a présenté certaines difficultés; d'abord plusieurs combustions en ont été faites, qui, quoique réalisées avec tous les soins désirables [2] et dans un courant d'oxygène, ne donnaient que des chiffres satisfaisants pour l'hydrogène et un déficit de quelques pour cent pour le carbone. A la fin cependant, en procédant avec lenteur et en élevant fortement la température, on est parvenu à des chiffres suffisam-

---

(1) *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLXIV, pp. 218 et suiv. (1872).

(2) Toutes les combustions et analyses rapportées dans ce mémoire ont été faites par M. le Dr Bisschopink, mon préparateur autrefois.

ment exacts. J'indiquerai ici les résultats complets et même incomplets de quelques-unes de ces opérations.

I. 0 gr. 1776 de substance ont fourni 0 gr. 4168 d'anhydride carbonique et 0 gr. 1194 d'eau.

II. 0 gr. 1994 de produit ont donné 0 gr. 4672 d'anhydride CO_2 et 0 gr. 1318 d'eau.

III. 0 gr. 1970 ont fourni 0 gr. 1264 d'eau.

IV. 0 gr. 1914 ont fourni 0 gr. 1276 d'eau.

V. 0 gr. 1908 ont fourni 0 gr. 1260 d'eau.

Ce qui correspond aux chiffres suivants :

		CALCULÉ	TROUVÉ.				
C_5H_4O		%	I	II	III	IV	V
C_5	— 36	64,28	64,00	63,90	»	»	»
H_4	— 4	7,14	7,46	7,34	7,12	7,35	7,38
O	— 16						
	56						

Il n'est pas inutile de rappeler ici la composition de l'alcool allylique C_3H_6O.

C_3	36	62,07 %
H_6	6	10,34
O	16	
	58	

L'alcool propargylique est isomère avec l'acroléine C_3H_4O ; on va voir qu'il en est séparé par des différences radicales, tant au point de vue physique qu'au point de vue chimique.

Il constitue un liquide parfaitement incolore et limpide, mobile, moins coulant cependant que l'alcool allylique ; d'une odeur spéciale assez agréable, rappelant de loin celle de l'éther propargylique.

Sa saveur est brûlante ; c'est un rubéfiant et un vésicant énergiques, il détermine sur la peau de larges et profondes ampoules, douloureuses et difficiles à guérir.

Il est soluble dans l'eau dans laquelle il forme, en disparaissant, des stries huileuses ; comme les alcools en général, il ne se dissout pas dans la solution du carbonate potassique.

Je ne suis pas parvenu à le solidifier; à - 20°, il s'épaissit notablement; il est à croire que sous l'action d'un froid plus intense, on parviendrait à le congeler.

Sa densité à la température de 21° est égale à 0,9628; à 18°8 elle est égale à 0,984.

Il bout, sous la pression de 762 millimètres, à 114°-115°.

Sa densité de vapeur, déterminée dans l'appareil de M. Hoffmann, a été trouvée égale à 1,97 (1).

Substance.	0gr.0613
Pression barométrique	761 m.
Mercure soulevé	514 m.
Température.	100°
Volume de la vapeur.	100,8cc.

La densité calculée est 1,93; celle de l'alcool allylique C_3H_5 - OH est 2,00.

L'alcool propargylique paraît pouvoir se maintenir indéfiniment dans les conditions ordinaires, sans subir d'altération; je conserve depuis six ans un échantillon très-pur de ce composé puisque c'est celui qui a servi à l'analyse; il est resté tel qu'il était primitivement.

L'alcool propargylique brûle dans l'air, avec une flamme éclairante, fuligineuse et dépôt abondant de carbone.

Ses propriétés sont de trois ordres; ce sont celles des *alcools*, des *composés non saturés* et enfin des *composés acétyléniques*. De là par conséquent des réactions nombreuses et variées, présentant dans certains cas une certaine complication due à cette circonstance que, de la part de divers agents, la molécule de ce corps est attaquée simultanément par plusieurs de ses côtés, avec une égale énergie, donnant en fin de compte, un produit assez éloigné, quant à la composition et aux propriétés, du produit primitif.

Il s'éthérifie facilement sous l'action directe des acides, et des chlorures des radicaux négatifs, tels que $PhCl_3$, $PhBr_3$, C_2H_3O-Cl, etc. comme les alcools en général.

(1) L'échantillon qui a servi à prendre cette densité de vapeur est le même qui a été employé pour l'analyse de ce composé.

Les hydracides halogénés l'éthérifient, mais en même temps s'y ajoutent, et dès la température ordinaire, avec un dégagement de chaleur notable, en donnant des éthers allyliques haloïdes monosubstitués $(C_3H_4X)\ X'$, auxquels il est permis, par analogie, d'assigner la formule générale suivante :

$$\begin{array}{l} CH_2X \\ | \\ CX \\ \| \\ CH_2 \end{array}$$

Il se combine énergiquement avec le brôme en donnant immédiatement le bibrômure $C_3H_3Br_2 - OH$

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CBr \\ \| \\ CHBr \end{array}$$

lequel est un alcool *allylique bibrômé.*

Il s'unit avec une égale facilité au chlorure d'iode dissous dans l'eau, pour donner le *chloro-iodure* $C_3H_3Cl\ Io - OH$, lequel sous l'action ultérieure du chlorure d'iode lui-même ou du chlore, se transforme en alcool allylique bi-chloré

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CCl \\ \| \\ CHCl \end{array}$$

L'acide azotique agit énergiquement sur l'alcool propargylique; déjà l'acide ordinaire l'oxyde avec un dégagement immédiat et abondant de vapeurs rutilantes, en le transformant en acide oxalique et en anhydride carbonique, j'ai vainement cherché, parmi les produits de cette action, l'acide HCAz que j'étais en droit d'y soupçonner.

Introduit par petites portions dans l'acide nitro-sulfurique, fortement refroidi, il s'éthérifie et se transforme en azotate de propargyle $C_3H_3 - AzO_3$, lequel constitue une huile surnageante, insoluble dans l'eau et éminemment oxydable.

Avec l'acide sulfurique, il s'échauffe considérablement. On sait que sous l'action de cet acide, suivie de celle de l'eau, l'allylène est transformée, par hydratation, en acétone.

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C \\ \|\| \\ CH \end{array} \qquad \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CO \\ \cdot \\ CH_3 \end{array}$$

L'alcool propargylique devrait, par analogie, fournir, dans les mêmes conditions, l'alcool pyruvique

$$\begin{array}{c} CH_2OH \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

dont j'ai préparé précédemment l'acétate (1) à l'aide de l'acétone monochlorée et que j'ai vainement tenté de transformer en alcool; mais cette réaction ne réussit pas mieux que celle de la transformation de l'alcool allylique en glycol propylénique, dans de semblables circonstances; la masse noircit et s'échauffe; probablement qu'une partie de l'alcool employé se polymérise.

L'alcool propargylique subit une action remarquable de la part des bases fortes, les alcalis caustiques et les terres alcalines. A l'instar des alcools en général, il s'y combine en s'échauffant considérablement; certaines de ces combinaisons sont cristallines, notamment celle que forme la baryte anhydre. J'avais cru pouvoir dessécher l'alcool propargylique, encore aqueux, à l'aide de cet oxyde; mais j'ai vu bientôt qu'il fallait renoncer à son emploi. Après quelques instants de contact avec l'alcool, la baryte anhydre se délite et se transforme en une poudre blanche d'un aspect cristallin; ce sont de fines lamelles douces au toucher. Ce corps est fort peu soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther; chauffé, il brûle en faisant une explosion légère, accompagnée de décrépitation et d'exfoliation comme il arrive avec le bi-chrômate ammonique; il reste comme résidu du carbonate

(1) Voir *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft*, t. V, p. 965.

barytique noirci de charbon; l'acide chlorhydrique étendu le dissout en régénérant l'alcool primitif.

Voici les résultats de l'analyse que j'ai faite de ce composé :

I. 0 gr. 4715 de substance ont fourni 0 gr. 3590 de sulfate barytique.

II. 0 gr. 2920 du même produit, soumis à une dessiccation plus prolongée et partant plus complète, ont fourni 0 gr. 2257 de sulfate.

Ces nombres correspondent respectivement a

I	II
44,76	45,44

% de baryum; la formule

$$Ba < \begin{matrix} C_5H_2 - OH \\ C_5H_2 - OH \end{matrix} + C_5H_3 (OH)$$

en demande 45,21 %.

A la formule

$$Ba < \begin{matrix} C_5H_2 - OH \\ C_5H_2 - OH \end{matrix}$$

correspondent 55,46 % de baryum.

Je reviendrai plus loin sur ce composé à l'occasion des précipités cuivreux et argentiques. Je ferai remarquer en passant que des combinaisons d'autres alcools avec la baryte, notamment des alcools méthylique et éthylique, ont déjà été décrites antérieurement.

Les alcalis caustiques exercent une action plus profonde sur l'alcool proparygylique; ils s'y combinent et le dédoublent en dégageant de l'acétylène C_2H_2. Voici le détail d'une expérience que j'ai faite à ce sujet :

4 grammes d'alcool ont été versés sur 8 grammes de potasse caustique solide, pure, finement pulvérisée. On constate immédiatement un dégagement de chaleur notable; quand on chauffe, la masse se boursoufle et brunit; du gaz se dégage abondamment; celui-ci, dirigé dans une solution ammoniacale de chlorure cuivreux, n'y est absorbé qu'incomplétement, en produisant le

précipité rouge brun, caractéristique de l'acétylène. Ce gaz est un mélange d'hydrogène et d'acétylène; il reste comme résidu du carbonate potassique.

Quelle est dans cette réaction le rôle précis de la potasse caustique?

Elle oxyde, aisément, comme l'on sait, les alcools primaires, et en même temps, elle détermine des dédoublements nets dans les acides, en rompant les soudures qui relient le groupement carboxyle CO-OH aux chaînons voisins. Peut-être se forme-t-il d'abord, dans les conditions que je viens d'indiquer, de l'acide propargylique

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ C_2H \end{array} + KOH = \begin{array}{l} CO\,OK \\ | \\ C_2H \end{array} + 2H_2$$

lequel sous l'action ultérieure de la potasse caustique, se dédouble lui-même, en carbonate et en acétylène

$$\begin{array}{l} CO\,OK \\ | \\ C_2H \end{array} + KOH = CO < \begin{array}{l} OK \\ OK \end{array} + C_2H_2$$

qui se dégagerait en même temps que l'hydrogène formé dans la première phase de la réaction.

Peut-être aussi l'alcali détermine-t-il directement, après s'y être uni, le dédoublement de l'alcool propargylique en acétylène et aldéhydique méthylique,

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ C_2H \end{array} + KOH = CH_2 < \begin{array}{l} OH \\ OK \end{array} + C_2H_2$$

ou formiate potassique, lequel, ultérieurement oxydé, deviendrait du carbonate potassique

$$CH_2 < \begin{array}{l} OH \\ OK \end{array} = CHO-OK + H_2$$

$$CHO-OK + KOH = CO < \begin{array}{l} OH \\ OK \end{array} + H_2$$

Quel qu'en soit le mécanisme intime, cette réaction est d'un

grand intérêt au point de vue de la constitution de l'alcool propargylique et j'y reviendrai plus loin.

L'alcool propargylique présente les diverses réactions propres aux composés acétyléniques.

Avec le chlorure cuivreux en solution ammoniacale, il fournit instantanément un précipité d'un beau *jaune serin;* ce corps est insoluble dans l'eau, insoluble aussi dans l'alcool et l'éther; les acides minéraux étendus en régénèrent l'alcool propargylique intact. C'est là, pour le dire en passant, un moyen général pour obtenir à l'état de pureté, tous les composés à fonction acétylénique. Chauffé à l'air, ce composé cuivreux brûle vivement en produisant une détonation légère.

0 gr. 1,650 de ce produit, préalablement desséché vers 100°, ont fourni 0 gr. 1,099 d'oxyde cuivrique, ce qui correspond à 53,18 °/₀ de cuivre; la formule C_3H_2Cu-OH en demande 53,54 °/₀.

Avec l'azotate d'argent en solution *simplement aqueuse,* l'alcool propargylique forme immédiatement un composé huileux qui, par une légère action réductrice, devient en même temps noir; après quelque temps, cette huile se concrète en une masse cristalline et la liqueur laisse déposer à la longue des cristaux lamellaires de couleur grisâtre.

Avec l'azotate d'argent en *solution alcoolique*, il se produit immédiatement un précipité *blanc.*

Avec l'azotate d'argent ammoniacal, il se forme de suite aussi un précipité d'un *blanc* parfait, stable à la lumière, et ne noircissant qu'à la longue, présentant les mêmes propriétés que le composé cuivreux.

0 gr. 1826 de ce composé m'ont fourni 0 gr. 1548 de chlorure d'argent, ce qui correspond à 64,2 °/₀ d'argent; la formule C_3H_2Ag-OH en demande 66,25; la formule $(C_3H_2Ag\text{-}OH)+H_2O$ n'en demande au contraire que 59,66; c'est donc la première de ces formules qui convient à cette combinaison, mais il est probable que l'échantillon que j'ai analysé n'avait pas été soumis à une dessiccation suffisante.

Avec la solution aqueuse de l'azotate *mercureux*, l'alcool propargylique donne un précipité *noir;* avec le chlorure *mercurique*,

un précipité *blanc*, mais il n'occasionne rien dans les solutions plombiques.

Je ferai remarquer encore, en terminant la description de l'alcool propargylique, qu'il est isomère avec l'acroléine C_3H_4O. La différence si considérable des propriétés de ces deux composés s'explique par la différence de leur constitution moléculaire; c'est une question que j'examinerai plus loin.

CHLORURE DE PROPARGYLE

C_3H_3-Cl.

Ce corps est moins facile à obtenir qu'on ne pourrait le soupçonner de prime abord.

Si le chlorure d'allyle se prépare aisément par l'action de l'acide chlorhydrique sur l'alcool allylique, il n'en est pas de même du chlorure de propargyle.

L'alcool propargylique dissout abondamment l'acide chlorhydrique gazeux, en augmentant de volume et en s'échauffant notablement; c'est pourquoi il est nécessaire de refroidir énergiquement; mais dans ces circonstances mêmes, et avant toute action directe de la chaleur, il se forme des produits d'addition; on ne peut obtenir de cette façon que du chlorure d'allyle monochloré C_3H_4Cl - Cl; aussi le liquide versé dans l'eau, tombe-t-il au fond. Cette réaction, prolongée et complétée sous l'action de la chaleur, fournit vraisemblablement le *méthyl-chloracétal monochloré* $C_3H_5Cl_3$ ou

$$CH_3 - CCl_2 - CH_2Cl.$$

Cela étant, j'ai dû recourir au trichlorure de phosphore.

La réaction de ce corps sur l'alcool propargylique est extrêmement vive et malaisée à régler. Afin d'éviter la formation du phosphite de propargyle, j'ai d'abord fait arriver par petites portions, goutte à goutte, de l'alcool dans le trichlorure; mais je n'ai, de cette manière, presque rien obtenu en fait de produit;

il se dégage abondamment de l'acide chlorhydrique qui entraîne avec lui la majeure partie du chlorure C_3H_3Cl formé ; 27 grammes d'alcool propargylique ont ainsi disparu en pure perte. Au risque de former du phosphite de propargyle, j'ai dû opérer d'une manière inverse, j'ai introduit par petites portions successives le trichlorure dans l'alcool bien refroidi ; la réaction est également violente, mais elle est fructueuse.

Toute la quantité de trichlorure ayant été introduite, j'ai versé la masse liquide dans l'eau, la couche insoluble et plus dense que l'eau a été recueillie, et séchée sur du chlorure de calcium, puis soumise à la distillation, au bain d'eau ; j'ai recueilli avant 75°, environ la moitié du volume total du liquide ; le reste est constitué par du phosphite de propargyle et les produits d'addition de l'acide chlorhydrique au chlorure formé.

A la suite de quelques rectifications, on arrive à obtenir un produit pur.

Le chlorure de propargyle constitue un liquide, incolore, mobile, d'une limpidité parfaite, exhalant une odeur piquante, désagréable ; il est insoluble dans l'eau au fond de laquelle il tombe ; sa densité à 5° est égale à 1,0454 ; celle du chlorure d'allyle à 0° est égale à 0,9547.

Il bout sous la pression de 750° millimètres vers 60° (60°-65°).

Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 2,61.

Substance	0gr.0414
Pression barométrique.	743 m.
Mercure soulevé.	568 m.
Volume de la vapeur.	71,3 cc.
Température	100°.

La densité calculée est 2,57.

Les propriétés de ce corps sont celles des éthers chlorhydriques et des composés propargyliques en général.

Son analyse a donné les résultats suivants :

I. 0 gr. 3527 de substance ont fourni 0 gr. 6775 de chlorure d'argent.

II. 0 gr. 2969 du même produit ont fourni 0 gr. 5648 de chlorure argentique.

	CALCULÉ.	TROUVÉ.	
C_3H_3Cl	%	I	II
$C_3 = 36$	»	»	»
$H_3 = 3$	»	»	»
$Cl - 35,5$	47,65	47,23	47,15
74,5			

Le chorure de propargyle pourrait théoriquement être obtenu à l'aide de l'acétone monochlorée par déshydratation; peut-être y parviendrait-on à l'aide de l'anhydride phosphorique.

Il est aussi permis de supposer qu'on pourrait l'obtenir à l'aide du méthyl-chloracétol chloré $CH_3 — CCl_2 — CH_2Cl$ sous l'action des alcalis caustiques.

Je n'ai jusqu'ici essayé ni l'une ni l'autre de ces réactions. Je doit ajouter que la dernière a déjà été réalisée par MM. Friedel et Silva [1]. Elle me paraît se produire dans le sens que je viens d'indiquer. Elle a fourni en même temps que deux autres composés chlorés, une faible quantité d'un corps bouillant vers 40°-45°, et qui paraît répondre à la formule C_3H_3Cl. Ce corps serait donc un isomère du chlorure de propargyle. Eu égard à son point d'ébullition, et à la constitution du méthyl-chloracétol chloré dont il dérive, ce composé ne peut être que l'allène monochloré $CH_2 = C = CHCl$.

L'étude de cette réaction mériterait d'être reprise.

---

(1) *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft*, t. V, p. 391 (1872).

BRÔMURE DE PROPARGYLE

C_3H_3Br.

J'ai à faire au sujet de la préparation du brômure de propargyle les mêmes remarques qu'au sujet de celle du chlorure. L'action de l'acide brômhydrique sur l'alcool propargylique est peut-être plus énergique encore que celle de l'acide chlorhydrique et se produit dans le même sens; celle du tribrômure de phosphore est aussi analogue à celle du chlorure.

J'ai employé à préparer ce composé 25 grammes d'alcool pur. On les a introduits par petites fractions dans une cornue où se trouvaient 40 grammes de tribrômure de phosphore; la réaction est très-vive et il se dégage passablement d'acide brômhydrique. Le liquide prend une teinte foncée, mais ne se sépare pas en deux couches, comme cela arrive lors de la préparation du brômure d'allyle dans les mêmes conditions; on verse le tout dans l'eau pour enlever l'acide phosphoreux et l'excédant du tribrômure. Le liquide insoluble a été lavé avec du carbonate sodique, desséché sur du chlorure de calcium et soumis à la distillation. Celle-ci commence vers 80°-85°, les deux tiers de la masse passent avant 110°; le thermomètre marque à la fin 140°-150°; à ce moment de l'opération, la petite quantité de liquide dans l'appareil a fait explosion, c'était sans doute du phosphite de propargyle; d'après la température indiquée par le thermomètre, on doit admettre qu'il s'est également formé dans les conditions où je me suis placé une certaine quantité de brômure d'allyle monobrômé $C_3H_4Br - Br$.

Par quelques rectifications, on parvient à retirer de la portion ayant bouilli jusqu'à 110°, une notable quantité de brômure de propargyle pur.

J'ai répété cette opération à diverses reprises. L'une d'elles où j'avais employé 24 grammes d'alcool propargylique m'a fourni 40 grammes de produit brut ayant distillé avec l'eau; ce produit brut est un mélange de brômure de propargyle avec le tiers

II. 0 gr. 2969 du même produit ont fourni 0 gr. 5648 de chlorure argentique.

	CALCULÉ.	TROUVÉ.	
C_3H_3Cl	%	I	II
$C_3 = 36$	»	»	»
$H_3 = 3$	»	»	»
Cl — 35,5	47,65	47,23	47,15
74,5			

Le chorure de propargyle pourrait théoriquement être obtenu à l'aide de l'acétone monochlorée par déshydratation; peut-être y parviendrait-on à l'aide de l'anhydride phosphorique.

Il est aussi permis de supposer qu'on pourrait l'obtenir à l'aide du méthyl-chloracétol chloré $CH_3 — CCl_2 — CH_2Cl$ sous l'action des alcalis caustiques.

Je n'ai jusqu'ici essayé ni l'une ni l'autre de ces réactions. Je doit ajouter que la dernière a déjà été réalisée par MM. Friedel et Silva [1]. Elle me paraît se produire dans le sens que je viens d'indiquer. Elle a fourni en même temps que deux autres composés chlorés, une faible quantité d'un corps bouillant vers 40°-45°, et qui paraît répondre à la formule C_3H_3Cl. Ce corps serait donc un isomère du chlorure de propargyle. Eu égard à son point d'ébullition, et à la constitution du méthyl-chloracétol chloré dont il dérive, ce composé ne peut être que l'allène monochloré $CH_2 = C = CHCl$.

L'étude de cette réaction mériterait d'être reprise.

---

(1) *Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft*, t. V, p. 391 (1872).

$C_3H_5Cl_3$ $C_3H_4Cl - Cl$

$C_3H_5Br_3$ $C_3H_4Br - Br.$

L'élimination de la seconde molécule d'hydracide et la transformation de ces corps en composés acétyléniques et propargyliques ne se font que sous l'influence des alcalis en solution alcoolique; mais dans ces conditions, le chaînon, *éther haloïde* CH_2X de la molécule, intervient lui-même dans la réaction et se transforme en groupement éthyloxyle $CH_2 - OC_2H_5$; on obtient, dans ces circonstances, l'éther propargylique lui-même $C_3H_3 - OC_2H_5$.

IODURE DE PROPARGYLE

$C_3H_3 - Io.$

Je tiens à compléter et à rectifier, moi-même, les indications que j'ai données précédemment concernant ce composé.

Je ne suis pas parvenu jusqu'à présent à l'obtenir, du moins à l'état de pureté, propre à être sérieusement examiné et soumis à l'analyse; il paraît être encore plus difficile à faire que ses congénères précédents.

On ne peut songer pour le préparer à suivre la méthode directe; le pouvoir additionnel de l'acide iodhydrique est en effet plus prononcé encore que celui des acides chlorhydrique et brômhydrique; aussi l'acide iodhydrique s'absorbe-t-il avec une énergie extrême dans l'alcool propargylique en même temps qu'il réagit sur lui intensément. Je décrirai plus tard cette réaction avec les développements qu'elle comporte ainsi que les produits qui en résultent.

J'avais cru réussir à obtenir ce corps par le procédé qui réussit si bien avec la plupart des alcools saturés $C_nH_{2n+1} - OH$ et même avec l'alcool allylique, savoir la réaction du phosphore rouge et de l'iode sur l'alcool propargylique. J'ai fait plusieurs essais de cette manière.

J'ai employé la première fois ces trois corps dans les quantités absolues et les proportions suivantes :

Alcool propargylique	34	grammes.
Phosphore rouge	5	id.
Iode	56	id.

L'iode est, comme toujours, introduit en petites portions successives dans l'alcool auquel on a ajouté préalablement le phosphore rouge. La réaction est assez intense. Il en résulte un liquide épais, de couleur brune; d'autres fois, le liquide s'est décoloré complétement après quelque temps.

Le lendemain, j'ai chauffé pendant quelque temps au bain d'eau; mais rien n'a passé. J'ai ajouté de l'eau et j'ai distillé, comme on le fait pour l'iodure d'allyle. Celui-ci bouillant à 101°, le point d'ébullition probable de l'iodure de propargyle doit être situé aux environs de 120°. Cette distillation n'a pas répondu à mon attente. La masse liquide, chauffée dans ces conditions même au sein de l'eau, s'est décomposée en laissant un abondant résidu mi-charbon, mi-goudron et en dégageant abondamment de l'iode; je n'ai recueilli qu'une faible quantité d'un liquide d'odeur très-piquante, plus dense que l'eau et insoluble dans celle-ci, bouillant au-dessus de 100°; c'est sans doute de l'iodure de propargyle impur.

J'ai trouvé plus tard l'explication de ce résultat si désavantageux et désagréablement inattendu.

Lors d'une autre opération du même genre, faite au mois de juin 1874, mais par un temps froid, l'idée me vint d'introduire dans l'eau le produit brut de la réaction faite la veille, avant de l'avoir chauffé. C'était à ce moment un liquide huileux, épais et incolore. Je ne fus pas peu étonné de voir celui-ci se prendre immédiatement en une masse solide, cristalline, formée d'aiguilles d'une blancheur parfaite. J'ai constaté plus tard que cette masse liquide elle-même se solidifie de la même manière au contact d'une parcelle cristalline du même composé.

Ce corps solide est fort soluble dans l'alcool et l'éther d'où il cristallise en longues aiguilles soyeuses, d'un aspect satiné ; il

est de lui-même parfaitement incolore, mais à la lumière il se décompose et devient brun. Il est aussi quelque peu soluble dans l'eau tiède, d'où il cristallise en très-longues aiguilles très-soyeuses et très-minces, souvent d'une longueur extrême et formant un véritable feutrage.

Ce produit exhale une odeur très-piquante et excite à un haut degré le larmoiement.

Il fond, en tubes capillaires à 48°-49°, à une température plus élevée, il se décompose, en dégageant abondamment de l'iode et en laissant un résidu charbonneux. Il se décompose même quand on le chauffe au sein de l'eau, et donne une faible quantité de liquide insoluble dont j'ai parlé plus haut, en même temps qu'il laisse une masse résineuse noirâtre.

C'est là le produit que j'avais pris autrefois pour l'iodure de propargyle et décrit comme tel. L'analyse qui en avait été faite avait en effet fourni, pour l'iode, des nombres concordants avec ceux qu'exige la formule C_3H_3Io.

I. 0 gr. 2136 ont fourni 0 gr., 3038 d'iodure d'argent.

II. 0 gr. 3244 ont fourni 0 gr., 4606 d'iodure argentique.

Ce qui correspond respectivement à 76,85 et 76,73 °/₀ d'iode. L'iodure de propargyle en renferme 76,50 °/₀.

Mais il se trouve, par une coïncidence digne de remarque, que ces chiffres correspondent également bien à un composé d'une nature toute différente et dont la formation se conçoit aisément dans ces circonstances, où il peut se produire de l'acide phosphoreux et où l'on opère sur un corps doué d'un pouvoir additionnel éminemment énergique. Ce corps c'est le *phosphite dipropargylique tétra-iodé.*

$$\left.\begin{matrix} Io_2\ C_3H_3 \\ Io_2\ C_3H_3 \end{matrix}\right\rangle HPhO_3$$

Ce composé renferme en effet :

Io.	76,27 °/₀
Ph	4,65.

J'ai constaté plus tard que dans l'action du phosphore rouge

et de l'iode sur l'alcool allylique, il se forme en même temps que l'iodure d'allyle, et en notable quantité, un produit solide cristallin, complétement analogue à celui que je viens de signaler, lequel aussi, chauffé au sein de l'eau, se décompose en laissant une masse goudronneuse et en produisant de l'iodure d'allyle.

On a constaté que ces composés cristallins renferment du phosphore.

Je crois donc que le produit principal de l'action simultanée du phosphore rouge et de l'iode sur l'alcool propargylique est ce phosphite propargylique tétra-iodé.

Je me propose de revenir dans un travail spécial sur ces produits curieux de l'action du phosphore et de l'iode sur les alcools non saturés.

Je me suis adressé en fin de compte, dans ces derniers temps, à l'iodure de phosphore comme tel, pour arriver à l'iodure de propargyle. Mais j'ai encore éprouvé le regret d'avoir usé et fait disparaître, sans aboutir à un résultat satisfaisant, une quantité relativement notable d'alcool propargylique, ce produit si laborieux à préparer et partant si coûteux. J'ai employé soit l'iodure $PhIo_3$, soit l'iodure Ph_2Io_4 à l'état solide ou en dissolution dans le sulfure de carbone. L'introduction de l'alcool vis-à-vis de ces iodures, dans ces conditions diverses, détermine toujours une réaction très-vive, plus difficile à régler encore que celle du trichlorure et du tribrômure de phosphore; il se dégage abondamment de l'acide iodhydrique; aussi n'obtient-on pas ou peu de produit distillable sans décomposition, mais des liquides assez épais, destructibles quand on les chauffe; ce sont vraisemblablement des produits d'addition de l'acide iodhydrique à l'iodure de propargyle, du propylène ou même du propane plus ou moins iodés, $C_3H_4Io_2$ ou $C_3H_3Io_3$.

On le voit, de nouveaux efforts doivent être encore faits pour obtenir, d'une manière régulière et à l'état de pureté, l'iodure de propargyle que je n'ai fait qu'entrevoir jusqu'à présent.

J'ajouterai en terminant qu'un produit isomère avec l'iodure de propargyle a été décrit précédemment par M. Liebermann [1],

---

[1] *Annalen der Chemie*, etc.) t. CXXXV, p. 270.

c'est l'allylène mono-iodé C_3H_3Io ou

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CIo \end{array}$$

Ce composé résulte de l'action de l'iode sur l'allylène argentique C_3H_3Ag. C'est un liquide huileux insoluble dans l'eau, bouillant à 98°, d'une densité égale à 1,7, donnant avec l'iode un produit d'addition solide, fusible à 64 et répondant à la formule $CH_3 — CIo = CIo_2$, lequel est du propylène tri-iodé. L'allylène mono-iodé a des propriétés tout à fait différentes de celles d'un iodure d'alcool proprement dit; il est impropre à faire comme ceux-ci la double décomposition avec les composés métalliques.

SULFOCYANATE DE PROPARGYLE

C_3H_3 - CAzS.

Il m'avait paru intéressant de préparer le sulfocyanate de propargyle dans le but de constater si, comme celui d'allyle, il subit sous l'action de la chaleur, au moment de sa formation, cette transformation isomérique à la suite de laquelle se forment les « *essences de moutarde.* » On sait que les sulfocyanates des radicaux C_nH_{2n+1} ne la subissent pas. J'aurais pu m'assurer par là si cette propriété est générale dans les alcools *non saturés* et leur appartient exclusivement.

J'ai fait réagir sur le sulfocyanate de potassium en solution alcoolique, le brômure de propargyle; j'ai employé 15 grammes de chacun de ces composés. La réaction est très-vive et énergique; il suffit de chauffer pendant quelques instants pour être assuré de la compléter.

L'addition de l'eau à la solution alcoolique détermine en même temps que la dissolution du brômure potassique formé, la pré-

cipation d'une huile de couleur jaunâtre, insoluble et plus dense que l'eau, d'une odeur extrêmement piquante.

Le sulfocyanate d'allyle C_3H_5 - CAzS bouillant à 150°, celui de propargyle doit bouillir par analogie vers 170°. J'étais donc autorisé à soumettre ce produit à la distillation. C'est ce que j'ai fait dans le but de le purifier et de l'amener dans l'état où un composé doit être pour pouvoir être soumis à l'analyse.

Cette opération a été désastreuse dans son résultat. Toute la masse s'est décomposée en se carbonisant et en se boursouflant considérablement.

Je regrette de n'avoir pas été à même de refaire plus tard cette réaction.

Quoi qu'il en soit, je ne doute pas à cause de l'analogie de propriétés constatée entre ce produit et l'essence de moutarde proprement dite, avoir eu dans les mains du sulfocyanate propargylique, mais impur, du même genre que celui d'allyle.

ACÈTATE DE PROPARGYLE

$C_3H_3\,(C_2H_3O_2)$.

J'ai obtenu ce corps par la réaction du chlorure d'acétyle (C_2H_3O) Cl sur l'alcool propargylique.

Dans 24 grammes d'alcool, placés dans un petit ballon en communication avec un appareil à reflux, j'ai fait tomber, par petites portions successives, à l'aide d'un entonnoir à robinet, 36 grammes de chlorure d'acétyle. Ces quantités représentent assez exactement une molécule de chacun des composés réagissants.

L'action est vive et énergique, il se dégage assez abondamment de l'acide chlorhydrique.

En opérant d'une manière inverse, c'est-à-dire, en faisant tomber l'alcool dans le chlorure, les choses se passent de la même manière et le produit obtenu reste le même.

c'est l'allylène mono-iodé C_3H_3Io ou

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CIo \end{array}$$

Ce composé résulte de l'action de l'iode sur l'allylène argentique C_3H_3Ag. C'est un liquide huileux insoluble dans l'eau, bouillant à 98°, d'une densité égale à 1,7, donnant avec l'iode un produit d'addition solide, fusible à 64 et répondant à la formule $CH_3 — CIo = CIo_2$, lequel est du propylène tri-iodé. L'allylène mono-iodé a des propriétés tout à fait différentes de celles d'un iodure d'alcool proprement dit; il est impropre à faire comme ceux-ci la double décomposition avec les composés métalliques.

SULFOCYANATE DE PROPARGYLE

$C_3H_3 - CAzS$.

Il m'avait paru intéressant de préparer le sulfocyanate de propargyle dans le but de constater si, comme celui d'allyle, il subit sous l'action de la chaleur, au moment de sa formation, cette transformation isomérique à la suite de laquelle se forment les « *essences de moutarde.* » On sait que les sulfocyanates des radicaux C_nH_{2n+1} ne la subissent pas. J'aurais pu m'assurer par là si cette propriété est générale dans les alcools *non saturés* et leur appartient exclusivement.

J'ai fait réagir sur le sulfocyanate de potassium en solution alcoolique, le brômure de propargyle; j'ai employé 15 grammes de chacun de ces composés. La réaction est très-vive et énergique; il suffit de chauffer pendant quelques instants pour être assuré de la compléter.

L'addition de l'eau à la solution alcoolique détermine en même temps que la dissolution du brômure potassique formé, la pré-

de 748° à 121°-123°, a fourni 0 gr. 6705 d'anhydride carbonique et 0 gr. 1776 d'eau [1].

	CALCULÉ.	TROUVÉ.	
$C_5H_5(C_2H_5O_2)$	%	I	II
C_5 — 60	61,24	61,27	60,59
H_6 — 6	6,12	6,43	6,54
O_2 — 32	»	»	»
98			

ÉTHERS SIMPLES CORRESPONDANT A L'ALCOOL PROPARGYLIQUE.

Je n'ai pas encore eu en ma possession jusqu'ici l'oxyde de propargyle $(C_3H_3)_2O$ ou l'éther propargylique proprement dit. Ce corps s'obtiendrait sans nul doute par l'action du chlorure ou du brômure de propargyle sur l'alcool propargylique sodé C_3H_3ONa. Peut-être existe-t-il dans les produits accessoires de la préparation de l'alcool propargylique. J'ai signalé parmi ces produits l'existence de l'oxyde d'allyle monobrômé $(C_3H_4Br)_2O$; il est permis de croire que sous l'action des alcalis caustiques, cet éther, en se débrômurant totalement, fournit le véritable oxyde propargylique. L'analogie autorise à assigner à ce composé un point d'ébullition d'environ 140°; l'alcool butylique primaire et normal bout en effet à 116°-117°, presque au même point que l'alcool propargylique et son éther $(C_4H_9)_2O$ à 140°-141°.

J'espère être à même de compléter plus tard cette lacune.

En fait d'éther simples propargyliques, je n'ai obtenu jusqu'ici que ceux qui correspondent à divers alcools monoatomiques, et répondent à la formule générale $C_3H_3-OC_nH_{2n+1}$.

Tous ces composés s'obtiennent aisément par l'action de la

[1] Cette analyse a été faite par M. le Dr Jul. W. Brühl, professeur à l'École polytechnique d'Aix-la-Chapelle, dans le but de s'assurer de la pureté d'un échantillon d'acétate de propargyle que je lui avais remis et dont il a fait l'étude au point de vue de son pouvoir réfringent.

potasse caustique en solution alcoolique sur les éthers allyliques correspondants, monochlorés et surtout monobrômés

$$(C_3H_4X)\,OC_nH_{2n+1} - HX = (C_3H_5)OC_nH_{2n+1}.$$

J'ai déjà dit que ces éthers allyliques monosubstitués sont le résultat de l'action des alcalis caustiques sur les bi-chlorhydrines ou bi-brômhydrines correspondantes, c'est-à-dire sur les produits d'addition du chlore et du brôme aux éthers simples allyliques

$$C_3H_5 < \begin{matrix} OC_nH_{2n+1} \\ X_2 \end{matrix} - HX = C_3H_4XO - C_nH_{2n+1}.$$

Ces produits d'addition eux-mêmes peuvent donner directement, par suite d'une déchloruration ou d'une débrômuration totale, sous l'action des alcalis caustiques en solution alcoolique, des éthers propargyliques correspondants

$$C_3H_5 < \begin{matrix} OC_nH_{2n+1} \\ X_2 \end{matrix} - 2HX = C_3H_4 - OC_nH_{2n+1}.$$

J'ai trouvé préférable, au point de vue du rendement, de réaliser cette réaction totale en deux temps : distillation du produit d'addition sur l'alcali caustique, élimination de HX et formation d'un éther allylique monosubstitué; — action ultérieure sur celui-ci de l'alcali en solution alcoolique.

Tous ces produits peuvent encore s'obtenir par la réaction sur les alcools potassés ou sodés, ou sur les alcools en présence des alcalis caustiques des *éthers haloïdes triacides* de la glycérine, tri-chlorhydrines, tri-brômhydrines, etc., ou plus aisément des éthers haloïdes allyliques monosubstitués, c'est-à-dire des produits que fournissent sous l'action des alcalis caustiques, les tri-chlorhydrines, tri-brômhydrines, glycériques, etc.

L'alcali, dans ces conditions, joue un rôle double, il enlève deux atômes de corps halogène sous forme d'hydracide halogéné et remplace le troisième par le groupement oxy-alcoolique — OC_nH_{2n+1}.

Mais ces réactions ne sont guère pratiques et ne permettent d'arriver qu'avec peine aux composés propargyliques.

Quoi qu'il en soit, elles méritent d'être rappelées, car c'est à elles que l'on doit la découverte de ce groupe de combinaisons. C'est en effet en 1865 que M. Liebermann découvrit l'éther éthyl-propargylique, en faisant réagir, soit la tri-brômhydrine glycérique, soit le glycide dibrômhydrique sur la potasse alcoolique.

Le plus important d'entre ces composés est le dérivé éthylique $C_3H_3 - OC_2H_5$. C'est celui dont je me suis le plus spécialement occupé et le seul dont il est nécessaire de décrire la préparation avec quelque détail.

Ce produit fut découvert en 1865, comme je viens de le dire, par M. Liebermann qui fit aussi connaître le dérivé méthylique correspondant.

OXYDE D'ÉTHYLE-PROPARGYLE

$C_3H_3 - OC_2H_5$.

L'oxyde d'éthyle-propargyle est le produit désigné communément, mais d'une manière évidemment erronée, sous le nom d'*éther propargylique*. Il est, ainsi que je l'ai déjà dit précédemment, le plus ancien d'entre les composés propargyliques et il en était le seul connu, au moment où j'ai repris l'étude de ce groupe.

L'éther éthyle-propargylique s'obtient aisément, rapidement et en notable quantité, par l'action de la potasse caustique sur l'oxyde d'éthyle-allyle monobrômé $C_3H_4Br - OC_2H_5$.

$$C_3H_4Br - OC_2H_5 + KOH = C_3H_3 - OC_2H_5 + KBr + HOH.$$

On emploie un léger excès de potasse caustique et l'on en fait une solution concentrée dans l'alcool fort que l'on chauffe au bain de sable ou au bain d'eau, dans un ballon en communication avec un réfrigérant ascendant. La réaction ne tarde pas à se produire et du brômure de potassium à se déposer, en même temps que la liqueur brunit. On maintient pendant quelques heures la masse liquide dans un état d'ébullition tranquille.

On ajoute, après refroidissement, de l'eau au mélange alcoolique, la plus grande partie de l'éther propargylique se sépare sous forme d'une couche huileuse surnageante; on soumet à la distillation le liquide restant, après y avoir fait passer, pendant quelque temps, pour saturer l'alcali libre, un courant d'anhydride carbonique; on recueille le liquide alcoolique qui passe jusqu'à ce que, par l'addition de l'eau, il ne s'en sépare plus d'éther propargylique.

Le produit brut, ainsi obtenu, est lavé à l'eau, pour lui enlever l'alcool qu'il peut encore contenir. On le dessèche sur du chlorure de calcium et on en achève la dessiccation, ainsi que l'expulsion de l'alcool à l'aide de quelques fragments menus de sodium que l'on y projette.

Si cette opération est aisée et commode, elle est avantageuse au point de vue du rendement qui est considérable et presque théorique. Dans une des expériences que j'ai faites, j'ai obtenu, à l'aide de 100 grammes d'oxyde d'éthyle-allyle monobrômé $C_2H_5O - C_3H_4Br$ 45 grammes d'éther propargylique brut, plus léger que l'eau, et dont les quatre cinquièmes environ bouillaient au-dessous de 95°; or, 165 parties d'éther allylique monobrômé correspondent à 84 parties d'éther propargylique, donc environ 50 °/₀ du produit primitif.

Après la description qu'en a faite M. Liebermann [1], je me dispenserai de décrire encore l'éther propargylique. Je puis toutefois ajouter qu'il retient avec une grande force l'eau et l'alcool que le chlorure de calcium est impuissant à lui enlever complétement La densité de vapeur calculée pour la formule $C_3H_3 - O\ C_2H_5$ est 2,90. J'ai trouvé pour des échantillons de ce produit simplement desséché sur du chlorure calcique, les chiffres suivants, notablement inférieurs au chiffre théorique.

Liquide bouillant à	74°,	densité de vapeur	2,41
Id. id.	76°-77°,	id.	2,63.

---

[1] *Liebig's Annalen der Chemie,* t. CLVIII, p. 230 (année 1871).

Quoi qu'il en soit, elles méritent d'être rappelées, car c'est à elles que l'on doit la découverte de ce groupe de combinaisons. C'est en effet en 1865 que M. Liebermann découvrit l'éther éthyl-propargylique, en faisant réagir, soit la tri-brômhydrine glycérique, soit le glycide dibrômhydrique sur la potasse alcoolique.

Le plus important d'entre ces composés est le dérivé éthylique $C_3H_3 - OC_2H_5$. C'est celui dont je me suis le plus spécialement occupé et le seul dont il est nécessaire de décrire la préparation avec quelque détail.

Ce produit fut découvert en 1865, comme je viens de le dire, par M. Liebermann qui fit aussi connaître le dérivé méthylique correspondant.

OXYDE D'ÉTHYLE-PROPARGYLE

$C_3H_3 - OC_2H_5$.

L'oxyde d'éthyle-propargyle est le produit désigné communément, mais d'une manière évidemment erronée, sous le nom d'*éther propargylique*. Il est, ainsi que je l'ai déjà dit précédemment, le plus ancien d'entre les composés propargyliques et il en était le seul connu, au moment où j'ai repris l'étude de ce groupe.

L'éther éthyle-propargylique s'obtient aisément, rapidement et en notable quantité, par l'action de la potasse caustique sur l'oxyde d'éthyle-allyle monobrômé $C_3H_4Br - OC_2H_5$.

$$C_3H_4Br - OC_2H_5 + KOH = C_3H_3 - OC_2H_5 + KBr + HOH.$$

On emploie un léger excès de potasse caustique et l'on en fait une solution concentrée dans l'alcool fort que l'on chauffe au bain de sable ou au bain d'eau, dans un ballon en communication avec un réfrigérant ascendant. La réaction ne tarde pas à se produire et du brômure de potassium à se déposer, en même temps que la liqueur brunit. On maintient pendant quelques heures la masse liquide dans un état d'ébullition tranquille.

On ajoute, après refroidissement, de l'eau au mélange alcoolique, la plus grande partie de l'éther propargylique se sépare sous forme d'une couche huileuse surnageante; on soumet à la distillation le liquide restant, après y avoir fait passer, pendant quelque temps, pour saturer l'alcali libre, un courant d'anhydride carbonique; on recueille le liquide alcoolique qui passe jusqu'à ce que, par l'addition de l'eau, il ne s'en sépare plus d'éther propargylique.

Le produit brut, ainsi obtenu, est lavé à l'eau, pour lui enlever l'alcool qu'il peut encore contenir. On le dessèche sur du chlorure de calcium et on en achève la dessiccation, ainsi que l'expulsion de l'alcool à l'aide de quelques fragments menus de sodium que l'on y projette.

Si cette opération est aisée et commode, elle est avantageuse au point de vue du rendement qui est considérable et presque théorique. Dans une des expériences que j'ai faites, j'ai obtenu, à l'aide de 100 grammes d'oxyde d'éthyle-allyle monobrômé $C_2H_5O - C_3H_4Br$ 45 grammes d'éther propargylique brut, plus léger que l'eau, et dont les quatre cinquièmes environ bouillaient au-dessous de 95°; or, 165 parties d'éther allylique monobrômé correspondent à 84 parties d'éther propargylique, donc environ 50 °/₀ du produit primitif.

Après la description qu'en a faite M. Liebermann [1], je me dispenserai de décrire encore l'éther propargylique. Je puis toutefois ajouter qu'il retient avec une grande force l'eau et l'alcool que le chlorure de calcium est impuissant à lui enlever complétement La densité de vapeur calculée pour la formule $C_3H_3 - O\ C_2H_5$ est 2,90. J'ai trouvé pour des échantillons de ce produit simplement desséché sur du chlorure calcique, les chiffres suivants, notablement inférieurs au chiffre théorique.

Liquide bouillant à	74°,		densité de vapeur	2,41
Id.	id.	76°-77°,	id.	2,63.

---

[1] *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CLVIII, p. 230 (année 1871).

On obtient des résultats plus satisfaisants en soumettant le produit à l'action du sodium.

Liquide bouillant de	75° à 80°	densité de vapeur	2,70
Id. id.	80°-85°	id.	2,88.

Voici les diverses données numériques qui se rattachent à cette dernière détermination.

Substance.	0gr.1039
Pression barométrique	748 m.
Mercure soulevé.	478 m.
Température.	100°.
Volume de la vapeur	107 cc.

Je crois donc pouvoir fixer à 81°-85° le point d'ébullition de ce composé.

. Sa densité à l'état liquide, à + 7° est égale à 0,83.

Je ferai connaître ultérieurement plusieurs d'entre ses produits d'addition.

L'éther propargylique qui s'obtient si aisément et dont le maniement est facile, eu égard à son degré de volatilité, me paraît destiné à être d'une haute utilité pour la préparation des dérivés nombreux et variés auxquels on peut légitimement espérer d'arriver en partant des composés acétyléniques en général. J'espère être à même de reprendre cette étude par la suite.

ÉTHER MÉTHYL-PROPARGYLIQUE

$C_3H_3 - OC_2H_5$.

J'ai obtenu ce produit, comme le précédent, par la réaction de la potasse alcoolique sur l'oxyde de méthyle-allyle monobrômé $CH_3O - C_3H_4Br$.

Sa purification est plus facile que celle de l'éther éthylpropargylique.

Ce corps a déjà été obtenu, précédemment, par M. Liebermann [1] dans la réaction du tribrômure d'allyle sur la potasse caustique en présence de l'alcool méthylique. M. Liebermann s'est borné à faire connaître les dérivés argentiques et iodés de ce corps, mais ne l'a pas décrit.

L'éther méthyle-propargylique est complétement analogue à son correspondant éthylique.

C'est aussi un liquide, incolore, d'une limpidité parfaite, très-mobile, d'une odeur spéciale désagréable, propre à tous les composés acétyléniques.

Il est quelque peu soluble dans l'eau qu'il surnage; sa densité à 12°5 est égale à 0,83.

Il bout sous la pression ordinaire à 61° - 62°. Sa densité de vapeur a été trouvée égale à 2,33.

Substance.	0gr.5270
Pression barométrique.	752 m.
Mercure soulevé	554 m.
Température.	100°.
Volume de la vapeur	91,6 cc.

La densité calculée est 2,41.

Il se comporte avec les divers réactifs acétyléniques comme l'éther propargylique; avec l'azotate d'argent notamment, en solution aqueuse, il forme un composé solide, se présentant sous forme de belles lamelles, nacrées et brillantes, plus solubles dans l'eau que celles que fournit le composé éthylique et cristallisant beaucoup mieux.

---

[1] *Liebig's Annalen der Chemie*, t. CXXXV, p. 287. Année 1865.

ÉTHER AMYL-PROPARGYLIQUE

$C_3H_3 - OC_5H_{11}$.

J'ai obtenu ce composé par l'action des alcalis sur le bibrômure de l'oxyde d'amyle-allyle $\frac{C_3H_5Br_2}{C_5H_{11}}>O$.

Le produit brut de la distillation de ce corps sur la soude caustique a été agité avec une solution ammoniacale de chlorure cuivreux et le composé jaune acétylénique ainsi obtenu a été, après avoir été soigneusement lavé à l'éther alcoolisé, décomposé par l'acide chlorhydrique étendu.

Ainsi préparé et purifié, l'oxyde d'amyl-propargyle constitue un liquide incolore, limpide, d'une désagréable odeur, plus léger que l'eau et insoluble dans celle-ci; sa densité, à l'état liquide, est, à 12°8, égale à 0,84.

Il bout, sous la pression ordinaire, vers 140°; sa densité de vapeur a été trouvée égale à 4,67.

Substance.	0gr.0537
Pression barométrique.	756 m.
Mercure soulevé	634 m.
Température.	100°.
Volume de la vapeur	75,5 cc.

La densité calculée est 4,35.

Ce corps présente les mêmes propriétés que les précédents.

Je ne suis pas parvenu à obtenir l'éther phényle-propargylique $C_3H_3 - OC_6H_5$. J'ai préparé dans ce but l'oxyde de phényle-allyle $C_3H_5 - OC_6H_5$ que je décrirai dans un travail spécial sur les composés allyliques. Cet oxyde se combine à la vérité avec le brôme, aisément et en quantité considérable; sans doute que plus d'une molécule de brôme sont employées et qu'à côté du phénomène

d'addition, il se produit un fait de substitution. Quoi qu'il en soit, on obtient ainsi une masse très-épaisse et très-dense, dont il n'y a rien à faire, du moins dont je n'ai rien su faire.

PRODUITS D'ADDITION.

Les composés propargyliques se font remarquer par leur pouvoir additionnel; ils se combinent énergiquement avec les divers systèmes moléculaires, simples et composés, avec lesquels se combinent en général les composés dits « *non saturés*, » à savoir, l'hydrogène, les corps halogènes, les hydracides halogénés, l'aide hypochloreux, l'acide sulfurique, etc.

Répondant à la formule générale C_3H_3X, leur valeur d'action chimique doit, conformément à la règle générale qui régit cet ordre de propriétés, être égale à *quatre :*

$$\overset{0}{C_3H_8} \qquad \overset{2}{C_3H_6} \qquad \overset{4}{C_3H_4}$$

$$\overset{0}{C_3H_7X} \qquad \overset{2}{C_3H_5X} \qquad \overset{4}{C_3H_3X}.$$

Mais on sait qu'en général, les composés non saturés n'arrivent à saturation que par degrés successifs; à ce titre, les composés propargyliques doivent donner naissance à deux sortes de produits d'addition, les uns par l'adjonction de *deux*, les autres par l'adjonction de *quatre* unités d'action chimique et répondant aux formules générales

$$C_3H_3XX'_2 \qquad C_3H_3XX'_4.$$

les premiers sont des dérivés *allyliques* bi-substitués, les seconds des dérivés *propyliques* tétra-substitués, ou d'une manière plus générale, respectivement des dérivés *tri-substitués* du propylène ou *penta-substitués* du propane :

$$C_3H_6 \qquad C_3H_6$$

$$C_3H_7XX'_4 \qquad C_4H_5XX'_2.$$

L'expérience a confirmé ces déductions théoriques, notamment en ce qui concerne le brôme ; j'ai obtenu les divers produits suivants :

$$C_3H_3Br \qquad C_3H_3Br_3 \qquad C_3H_3Br_5.$$

Je décrirai dans un mémoire spécial un certain nombre de ces produits d'addition ; mais je tenais à constater, dès à présent, ces faits d'une manière générale, parce que j'aurai à y faire appel alors qu'il s'agira de déterminer la constitution des composés propargyliques, la seule question dont il me reste à m'occuper pour le moment.

CONSTITUTION DES COMPOSÉS PROPARGYLIQUES.

Les composés propargyliques répondent à la formule générale C_3H_3X. Quelle en est la constitution et la structure intime, c'est-à-dire quels sont les rapports de combinaison des éléments constitutifs de leur molécule et quelle est la nature des trois chaînons monocarbonés qui forment le noyau total C_3 ?

Il est possible de donner à ces questions importantes une solution satisfaisante, et possédant le caractère de la certitude, au même degré que pour les composés les mieux connus aujourd'hui.

Je pars de ce fait que l'acétylène C_2H_2, composé si éminemment caractéristique, doit être représenté par la formule

$$\begin{array}{c} CH \\ \equiv \\ CH \end{array}$$

et que tous ses dérivés monosubstitués, de quelque nature qu'ils soient,

$$\begin{array}{c} C_nH_x \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH \end{array}$$

ont conservé le caractère acétylénique, une fois seulement.

C'est ce caractère que possèdent tous les dérivés propargyliques en général, donnant, tous, les dérivés métalliques, cuivreux, argentiques, etc., de la formule $(C_3H_2\acute{R})$ X.

Ce simple fait suffit à lui seul pour nous renseigner sur la constitution de ces composés. Nous sommes autorisés à y admettre le système bicarboné acétylénique $-C\equiv CH$, à côté duquel les éléments restants forment le chaînon monocarboné $-CH_2X$ qui y est joint.

Cela étant, les dérivés propargyliques ne sont, ainsi que je l'ai déjà dit anticipativement, au commencement de ce travail, que les dérivés primaires de l'allylène

$$C_3H_4 \quad \text{ou} \quad \begin{array}{c} CH_2 \\ | \\ C \\ \equiv \\ CH. \end{array}$$

Cette déduction générale trouve une confirmation importante dans le fait de la production de l'acétylène, aux dépens des composés propargyliques et notamment de l'alcool de ce nom, sous l'action de la potasse caustique.

C'est aussi cette structure qu'assigne aux composés propargyliques leur mode général de production.

Le nombre des composés tricarbonés dont la constitution peut être regardée comme déterminée avec certitude est déjà considérable; parmi ceux-ci figurent incontestablement et au premier rang, le propylène et les dérivés allyliques ainsi que l'allylène

$\begin{array}{c} CH_2 \\ \vert \\ CH \\ \Vert \\ CH_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_2X \\ \vert \\ CH \\ \Vert \\ CH_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} CH_4 \\ \vert \\ C \\ \equiv \\ CH \end{array}$
Propylène	Dérivés allyliques	Allylène

Les dérivés propargyliques sont vis-à-vis de l'allylène ce que sont les dérivés allyliques vis-à-vis du propylène. Or les dérivés propargyliques s'obtiennent à l'aide des dérivés allyliques correspondants dans les mêmes conditions et par les mêmes réactions

que l'allylène à l'aide du propylène. Ce fait général est exprimé et résumé dans les équations suivantes :

$$\begin{matrix}(C_3H_6)Br_2 \\ (C_3H_5X)Br_2\end{matrix} \; - 2HBr = \begin{matrix}C_3H_4 \\ C_3H_5X\end{matrix}$$

$$\begin{matrix}CH_3 \\ | \\ CHBr \\ | \\ CH_2Br \\ \\ CH_2X \\ | \\ CHBr \\ | \\ CH_2Br\end{matrix} \; - 2HBr = \begin{matrix}CH_3 \\ | \\ C \\ ||| \\ CH \\ \\ CH_2X \\ | \\ C \\ ||| \\ CH.\end{matrix}$$

Il est donc naturel de rattacher les composés propargyliques à l'allylène, auquel ils sont analogues par leurs propriétés et leur mode de formation.

Le propane C_3H_8 étant

$$\begin{matrix}CH_3 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_3\end{matrix}$$

on voit que lors de la formation des hydrocarbures non saturés C_3H_6 et C_3H_4, de même que lors de la formation des composés primaires, allyliques et propargyliques, aux dépens des composés saturés correspondants, c'est-à-dire des composés ortho-propyliques, tout le travail de déshydrogénation indirecte par H_2 ou H_4, que subit le noyau total C_3, se passe en réalité et se poursuit dans le système bicarboné $—CH_2—CH_3$, pour déterminer les systèmes à *double* ou à *triple* soudure

$$\begin{matrix}| \\ CH \\ || \\ CH_2\end{matrix} \qquad \begin{matrix}| \\ C \\ ||| \\ CH.\end{matrix}$$

Le caractère exclusivement *bivalent* des composés *allyliques*, et tout à la fois *bivalent* et *tétravalent* des composés *propargyliques* en général, est en concordance parfaite avec cette manière d'envisager la structure de ces combinaisons.

composés propargyliques étant les dérivés primaires de
ne, l'alcool propargylique C_3H_3-OH constitue un alcool
'e

$$\begin{array}{l} CH_2\text{-}OH \\ | \\ C \\ ||| \\ CH. \end{array}$$

titre, il doit pouvoir engendrer successivement une aldé-
t un acide sous l'action des agents oxydants. La produc-
l'aide de l'alcool correspondant, d'un acide propargylique
ou

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ C \\ ||| \\ CH \end{array}$$

réactions acétyléniques, serait une confirmation décisive
tructure des composés propargyliques, telle que je viens
lévelopper. Je regrette de n'être encore arrivé jusqu'ici
n résultat satisfaisant sous ce rapport. Je n'ai, à la vérité,
é en fait d'agent d'oxydation, que l'acide azotique. On
que son action sur l'alcool propargylique, même dans les
ons les plus favorables, doit être énergique, et y déter-
des modifications profondes. Je n'ai obtenu de la sorte
l'anhydride carbonique et de l'acide oxalique. J'avais
arriver à mon but en oxydant non l'alcool lui-même,
n produit d'addition au brôme, $C_3H_3Br_2$-OH, ainsi que l'a
ec tant de succès M. Tollens pour l'alcool allylique. Mais
pas encore réussi jusqu'à présent à obtenir, d'une manière
rtaine, l'acide bibrômo-acrylique $C_3H_2Br_2O_2$. On conçoit
rs qu'un tel produit doit être éminemment altérable.

qu'il en soit, je me propose de reprendre cette étude des
s d'oxydation de l'alcool propargylique et de ses dérivés
on, en faisant usage non-seulement de l'acide azotique,
'autres agents encore et notamment du permanganate
que. Il est permis d'attendre de cette oxydation, si elle
eptible d'être réglée convenablement, des produits d'un

haut intérêt, propres à donner lieu à des rapprochements inattendus. M. Berthetot a fait connaître autrefois, dans le cours de ses études classiques sur l'acétylène, le fait si remarquable de la fixation directe de l'oxygène sur cet hydrocarbure, et de sa transformation finale en acide oxalique

$$\begin{array}{ccc} CH & CHO & COOH \\ \| & | & | \\ CH & CHO & COOH. \end{array}$$

Si le pouvoir additionnel que manifeste l'acétylène pour l'oxygène se conserve, ainsi qu'il est permis de le prévoir et de l'espérer, dans ses dérivés monosubstitués $CH_2X - C \equiv CH$, les dérivés propargyliques $CH \equiv C - CH_2X$ devront fournir des acides acétoniques monosubstitués de la formule générale

$$\begin{array}{c} COOH \\ | \\ CO \\ | \\ CH_2X \end{array}$$

et l'alcool propargylique lui-même, attaqué tout à la fois dans son côté alcool et son côté acétylénique, devra se transformer en acide mésoxalique,

$$\begin{array}{c} COOH \\ | \\ CO \\ | \\ COOH. \end{array}$$

SUR LE DIPROPARGYLE

$C_3H_3 - C_3H_3$.

Le radical dipropargyle $C_3H_3 - C_3H_3$ est aux composés dont je viens de m'occuper, ce que le diallyle est aux composés allyliques

$$\begin{array}{cc} C_3H_5X & C_3H_5X \\ C_3H_5 & C_3H_5 \\ | & | \\ C_3H_5 & C_3H_5 \end{array}$$

De même que le diallyle, on doit pouvoir obtenir le dipropargyle par l'action des métaux sur les éthers propargyliques halogénés. L'action de l'argent — *moléculaire* — sur le brômure ou l'iodure de propargyle le fournirait probablement sans difficulté. Je n'ai pas été à même jusqu'ici de réaliser cette réaction.

Je suis arrivé à me procurer ce corps par une autre méthode aboutissant finalement à un résultat identique, identique aussi dans les réactions que l'on y fait intervenir, mais différente quant à la succession de celles-ci, l'ordre en étant interverti.

J'ai déterminé d'abord la soudure de deux noyaux tricarbonés C_3, et ce sont ces deux groupements hydrocarbonés soudés qui ont été ultérieurement et simultanément transformés en radicaux propargyles C_3H_3. Tel est l'esprit de la méthode suivie.

En fait, je suis parti du diallyle

$$\begin{array}{c} C_3H_5 \\ | \\ C_3H_5 \end{array}$$

obtenu, comme l'on sait, à l'aide de l'iodure d'allyle; les deux radicaux C_3H_5 ont été transformés simultanément en C_3H_3 par la méthode de déshydrogénation ordinaire.

Renfermant deux radicaux propargyliques C_3H_3 et répondant, d'après son mode de dérivation, à la formule

$$\begin{array}{c} CH \\ \|| \\ C \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ C \\ \|| \\ CH \end{array}$$

le dipropargyle C_6H_6 doit être *doublement acétylénique, octovalent au maximum*, mais en même temps et d'abord *tétravalent.*

J'ai constaté toutes ces propriétés fondamentales.

Je crois inutile de refaire ici l'histoire de cet hydrocarbure auquel ses propriétés et son isomérie avec la benzine C_6H_6 don-

nent, ce me semble, un intérêt tout particulier parmi les nombreux composés organiques d'acquisition récente [1].

J'ai depuis quelque temps repris l'étude de ce composé pour la compléter dans quelques points qui me paraissent importants. Ces nouvelles recherches ne sont pas encore assez avancées pour que je puisse en rendre compte en ce moment.

---

[1] Voir mes mémoires insérés dans les *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, t. XXXVI, p. 41 ; t. XXXVII, p. 36, et *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, t. V, p. 456, et t. VI, p. 955.

SUR
LA RÉDUCTION DES FORCES CENTRIFUGES
COMPOSÉES
DANS LE MOUVEMENT RELATIF D'UN CORPS SOLIDE ;

PAR

Ph. GILBERT,

Professeur à l'Université catholique de Louvain.

PRÉSENTÉ A LA *SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES* LE 7 NOVEMBRE 1878.

1. On a besoin, dans plusieurs questions de mécanique, de déterminer la résultante et le moment résultant des forces centrifuges composées dont un solide est animé dans son mouvement relatif par rapport à un système de comparaison mobile. Cette question, sur laquelle il n'existe à ma connaissance qu'une note très courte de M. Résal (*), se résout bien simplement lorsque l'on adopte pour l'accélération centrifuge composée la figuration géométrique que j'ai proposée dans mon *Cours de Mécanique* (**), et dont M. Laisant a signalé les avantages dans sa *Thèse sur les Quaternions*.

(*) *Annales des mines*, t. III (5e série), 1853, p. 169.
(**) *Partie élémentaire*, p. 64.

2. Supposons d'abord que le corps solide soit fixé par un point O au système de comparaison $O\xi\eta\zeta$; soient Ox, Oy, Oz trois axes rectangulaires liés au corps, OR l'axe instantané de la rotation *relative* du corps, $\omega = OR$ la vitesse angulaire de cette rotation; p, q, r ses composantes suivant les axes Ox, Oy, Oz; $OR_1 = \omega_1$ l'axe de la rotation du système de comparaison autour du point O; p_1, q_1, r_1 ses composantes suivant Ox, Oy, Oz.

Désignons, pour un point $M(x, y, z)$ du solide, par $v = MV$ sa vitesse relative, par φ sa force centrifuge composée. Les composantes de v parallèlement aux axes Ox, Oy, Oz sont, comme on sait

$$v_x = qz - ry, \quad v_y = rx - pz, \quad v_z = py - qx.$$

Or, d'après la règle mentionnée plus haut, si nous concevons le point V lié au solide, la vitesse du point V dans une rotation dont l'axe représentatif MR′ serait égal et parallèle à OR_1, multipliée par deux fois la masse m du point, sera égale, parallèle et de sens contraire à la force centrifuge composée φ. La composante de celle-ci, parallèlement à Ox, sera donc

$$\varphi_x = 2m(r_1 v_y - q_1 v_z) = 2m\left[r_1(rx - pz) - q_1(py - qx)\right],$$

ou, par une transformation facile, applicable aux deux autres axes,

$$(1) \quad \begin{cases} \varphi_x = 2m(pp_1 + qq_1 + rr_1)\,x - 2mp(p_1x + q_1y + r_1z), \\ \varphi_y = 2m(pp_1 + qq_1 + rr_1)\,y - 2mq(p_1x + q_1y + r_1z), \\ \varphi_z = 2m(pp_1 + qq_1 + rr_1)\,z - 2mr(p_1x + q_1y + r_1z). \end{cases}$$

Ces formules servent de base à tout ce qui suit.

On voit immédiatement que si l'on désigne par δ la distance de l'origine au point M, par $\overline{\omega\omega_1}$, $\overline{\omega_1\delta}$ les angles compris respec-

nent entre les directions OR, OR_1 et OR_1, OM_1, les équa-
s précédentes peuvent s'écrire

$$\ldots \begin{cases} \varphi_x = 2m\omega_1 (\omega x \cos \overline{\omega\omega_1} - p\delta \cos \overline{\omega_1\delta}), \\ \varphi_y = 2m\omega_1 (\omega y \cos \overline{\omega\omega_1} - q\delta \cos \overline{\omega_1\delta}), \\ \varphi_z = 2m\omega_1 (\omega z \cos \overline{\omega\omega_1} - r\delta \cos \overline{\omega_1\delta}). \end{cases}$$

. Déterminons d'abord la résultante de translation Φ des
es centrifuges composées, pour tous les points du corps.
tant la masse de celui-ci, x_1, y_1, z_1 les coordonnées de son
re de gravité G par rapport à $Oxyz$, ρ la distance OG, les
ations (1) nous donnent

$$= \Sigma\varphi_x = 2M\left[(pp_1 + qq_1 + rr_1)\, x_1 - p\,(p_1x_1 + q_1y_1 + r_1z_1)\right],$$

$$\ldots \begin{cases} \Phi_x = 2M\omega_1 (\omega x_1 \cos \overline{\omega\omega_1} - p\rho \cos \overline{\omega_1\rho}), \\ \Phi_y = 2M\omega_1 (\omega y_1 \cos \overline{\omega\omega_1} - q\rho \cos \overline{\omega_1\rho}), \\ \Phi_z = 2M\omega_1 (\omega z_1 \cos \overline{\omega\omega_1} - r\rho \cos \overline{\omega_1\rho}). \end{cases}$$

n voit immédiatement, en comparant ces équations (3) avec
équations (2), que *la résultante Φ coïncide en grandeur et en
ction avec la force centrifuge composée du centre de gravité
olide, dans lequel toute la masse serait réunie*; proposition
ncée par M. Résal.

'our construire cette résultante Φ, portons sur l'axe OR, à
ir du point O, une longueur

$$OA = a = 2M\omega\omega_1\rho \cos \overline{\omega_1\rho}.$$

ur la droite OG une longueur

$$OB = b = 2M\omega\omega_1\rho \cos \overline{\omega\omega_1}.$$

s aurons évidemment

$$\Phi_x = 2M\omega\omega_1\rho \cos \overline{\rho x} \cos \overline{\omega\omega_1} - 2M\omega\omega_1\rho \cos \overline{\omega x} \cos \overline{\omega_1\rho},$$

c'est-à-dire

$$\Phi_x = b_x - a_x,$$

et de même

$$\Phi_y = b_y - a_y, \quad \Phi_z = b_z - a_z,$$

d'où il suit que OB est la résultante de OA et de Φ. Mais, pour construire les points A et B, observons que les longueurs

$$2M\omega\omega_1\rho \cos \overline{\omega_1\rho}, \quad 2M\omega\omega_1\rho \cos \overline{\omega\omega_1},$$

sont respectivement égales aux projections, sur OG et sur OR, d'une droite OC portée sur l'axe OR_1 et égale à $2M\omega\omega_1\rho$. De là résulte la construction suivante :

A partir du point fixe O, *portons sur l'axe* OR_1 *de la rotation d'entraînement une longueur* $OC = 2M\omega\omega_1\rho$, *et projetons le point* C *sur* OG *en* A' *et sur* OR *en* B'. *Rabattons les points* A' *et* B' *respectivement sur* OR *et sur* OG, *en* A *et* B. *La droite* AB *représentera, en grandeur et en direction, la résultante des forces centrifuges composées de tous les points du solide.*

Ainsi la résultante Φ est toujours dans le plan qui renferme le centre de gravité du corps et l'axe instantané OR de la rotation relative.

4. De ce qui précède résultent quelques conséquences remarquables : 1° Si G est sur l'axe OR, les points A et B se confondent, la résultante Φ s'évanouit. Ainsi, *quand l'axe de la rotation relative passe par le centre de gravité* G *du corps, la résultante* Φ *des forces centrifuges composées du solide est nulle.* Cette condition est toujours remplie quand G coïncide avec le point fixe O.

2° En dehors du cas précédent, Φ *ne peut être nul* que si a et b sont nuls à la fois, ce qui ne peut avoir lieu (ω, ω_1 et ρ étant différents de zéro) *que si l'axe* OR_1 *de la rotation d'entraînement est normal au plan passant par le centre de gravité* G *et par l'axe instantané* OR *de la rotation relative.* On a ainsi tous les cas dans lesquels Φ s'annule.

3° *Si les axes* OR, OR_1 *font entre eux un angle droit,*

$\cos\overline{\omega\omega_1} = 0$, b est nul, AO représente en grandeur et en direction la résultante Φ; *celle-ci a donc une direction opposée à celle de l'axe* OR *de la rotation relative, et elle est égale au double produit de la masse du corps par les vitesses angulaires* ω *et* ω_1 *et par la projection sur* OR_1 *de la distance du point fixe au centre de gravité* G.

4° *Si* OR_1 *fait un angle droit avec* OG, $\cos\overline{\omega_1\rho} = 0$, a est nul, la résultante Φ coïncide avec OB; *elle est donc dirigée vers le centre de gravité et égale à* $2M\omega\omega_1\rho\cos\overline{\omega\omega_1}$.

5° Multiplions les équations (3) respectivement par p, q, r, et ajoutons-les, en observant que

$$px_1 + qy_1 + rz_1 = \omega\rho\cos\overline{\omega\rho}, \quad p^2 + q^2 + r^2 = \omega^2.$$

Il vient

$$p\Phi_x + q\Phi_y + r\Phi_z = 2M\omega^2\omega_1\rho\,(\cos\overline{\omega\rho}\cos\overline{\omega\omega_1} - \cos\overline{\omega_1\rho}).$$

Or, le premier membre est égal à $\omega\Phi\cos\overline{\omega\Phi}$, et le triangle sphérique formé par les directions OR, OR_1, OG nous donne la relation

$$\cos\overline{\omega_1\rho} = \cos\overline{\omega\rho}\cos\overline{\omega\omega_1} + \sin\overline{\omega\rho}\sin\overline{\omega\omega_1}\cos\eta,$$

η désignant l'angle compris entre les plans ROG, ROR_1. On a donc, Φ_ω représentant la projection de la résultante Φ sur l'axe OR de la rotation relative,

$$\Phi_\omega = -2M\omega\omega_1\rho\sin\overline{\omega\rho}\sin\overline{\omega\omega_1}\cos\eta.$$

Cette expression simple de Φ_ω est susceptible d'une interprétation géométrique. Désignons par T le volume du tétraèdre qui a pour sommets les quatre points remarquables O, G, R, R_1. On voit facilement que

$$T = \tfrac{1}{6}\,\omega\omega_1\rho\sin\overline{\omega\rho}\sin\overline{\omega\omega_1}\sin\eta,$$

d'où il suit que l'on a la relation curieuse

$$\Phi_\omega = -12MT\cot\eta.$$

5. Passons à la recherche des moments. Les équations (1) nous donnent pour le moment de la force φ par rapport à Ox,

$$y_{\varphi_z} - z_{\varphi_y} = 2m(p_1x + q_1y + r_1z)(qz - ry),$$

d'où l'on tire, en désignant par δ_1 la projection de la droite $OM = \delta$ sur l'axe OR_1, et opérant de même pour les axes Oy, Oz,

$$(4) \quad \ldots\ldots \quad \begin{cases} y_{\varphi_z} - z_{\varphi_y} = 2m\omega_1\delta_1 v_x, \\ z_{\varphi_x} - x_{\varphi_z} = 2m\omega_1\delta_1 v_y, \\ x_{\varphi_y} - y_{\varphi_x} = 2m\omega_1\delta_1 v_z. \end{cases}$$

Observons que δ_1 est constant pour tous les points du corps situés dans un même plan normal à l'axe instantané d'entraînement. Nous aurons les théorèmes suivants :

1° *Le moment de la force centrifuge composée d'un point* M *du corps par rapport à une droite menée par le point fixe* O, *et la projection sur cette droite de la vitesse relative du point* M, *sont dans un rapport constant quelle que soit cette droite;*

2° *De plus, ce rapport a la même valeur pour tous les points du corps situés, à l'instant que l'on considère, dans un même plan normal à l'axe de la rotation d'entraînement.*

6. Soient maintenant $N = ON$ l'axe du couple résultant des forces centrifuges composées du corps relativement à l'origine O; N_x, N_y, N_z ses composantes suivant Ox, Oy, Oz, ou les sommes des moments des forces φ par rapport à ces axes. Nous aurons

$$N_x = \Sigma(y_{\varphi_z} - z_{\varphi_y}) = 2\Sigma m(p_1x + q_1y + r_1z)(qz - ry).$$

Pour simplifier, admettons que l'on prenne pour axes Ox, Oy, Oz, les axes principaux d'inertie du corps relatifs au point O, et soient A, B, C les moments d'inertie correspondants. A cause des relations

$$A = \Sigma m(y^2 + z^2), \quad B = \Sigma m(z^2 + x^2), \quad C = \Sigma m(x^2 + y^2),$$
$$0 = \Sigma myz, \quad 0 = \Sigma mxz, \quad 0 = \Sigma mxy,$$

il viendra

$$N_x = 2qr_1\Sigma mz^2 - 2rq_1\Sigma my^2,$$

ou

$$\begin{cases} N_x = A(qr_1 - rq_1) + (B - C)(qr_1 + rq_1), \\ N_y = B(rp_1 - pr_1) + (C - A)(rp_1 + pr_1), \\ N_z = C(pq_1 - qp_1) + (A - B)(pq_1 + qp_1), \end{cases}$$

les deux dernières équations s'obtenant comme la première. Ou encore, si l'on pose pour abréger

$$A_1 = 2\Sigma mx^2 = B + C - A, \quad B_1 = 2\Sigma my^2 = C + A - B, \text{ etc.},$$

on trouve plus simplement

$$(5) \quad \ldots\ldots \quad \begin{cases} N_x = q.C_1r_1 - r.B_1q_1, \\ N_y = r.A_1p_1 - p.C_1r_1, \\ N_z = p.B_1q_1 - q.A_1p_1. \end{cases}$$

Comparant ces expressions avec celles de v_x, v_y, v_z données plus haut, on a immédiatement ce théorème général qui détermine l'axe du moment résultant ON :

Si l'on mène du point O *une droite* OS, *ayant pour projections sur les axes principaux d'inertie* Ox, Oy, Oz *respectivement, les quantités* A_1p_1, B_1q_1, C_1r_1, *la vitesse relative du point* S, *considéré comme lié au solide, représentera en grandeur et en direction l'axe* ON *du couple résultant des forces centrifuges composées du corps.*

D'où l'on conclut immédiatement que *cet axe* ON *est normal à l'axe* OR *de la rotation relative du corps solide, et à la droite* OS *qui a pour projections sur les axes principaux* A_1p_1, B_1q_1, C_1r_1.

D'ailleurs, la vitesse du point S ne peut être nulle que si ce point est sur l'axe OR. Donc pour que les forces centrifuges composées du solide donnent une résultante unique au point O, il est nécessaire et suffisant que l'on ait les relations

$$\frac{A_1p_1}{p} = \frac{B_1q_1}{q} = \frac{C_1r_1}{r},$$

c'est-à-dire *que les rapports des composantes des rotations relative et d'entraînement suivant les axes principaux respectivement, soient proportionnels aux constantes* A_1, B_1, C_1.

7. Lorsque le corps solide est de révolution autour de l'axe principal Oz et animé d'une simple rotation autour de cet axe, on a

$$A = B, \quad p = q = 0, \quad r = \omega, \quad A_1 = B_1 = C, \quad C_1 = 2A - C,$$

les équations (5) se réduisent à

$$N_x = -\omega . Cq_1, \quad N_y = \omega . Cp_1, \quad N_z = 0.$$

Ces composantes sont celles de la vitesse relative d'un point du corps ayant pour coordonnées Cp_1, Cq_1, Cr_1, c'est-à-dire d'un point situé sur l'axe OR_1 à une distance $C\omega_1$ du point fixe O. La vitesse de ce point serait donc

$$C\omega\omega_1 \sin \overline{\omega\omega_1},$$

et l'on retrouve ce résultat signalé par M. Résal : *Quand le corps est de révolution et animé, par rapport au système de comparaison, d'une simple rotation autour de l'axe de figure, l'axe du couple résultant des forces centrifuges composées a pour valeur* $C\omega\omega_1 \sin \overline{\omega\omega}$; *il est normal au plan passant par les axes instantanés* OR, OR_1, *et est dirigé, par rapport à ce plan, dans le sens de la rotation du second axe autour du premier.*

8. Cherchons encore le *viriel* V des forces φ de tous les points du solide, relativement au point O, et indiquons d'abord un résultat plus général, applicable à un système matériel quelconque. Si nous désignons par p', q', r' les composantes de l'axe OR_1 suivant les axes $O\xi$, $O\eta$, $O\zeta$ du système de comparaison, on sait que les projections de la force φ sur ces axes ont pour expressions

$$2m(r'v_\eta - q'v_\zeta), \quad 2m(p'v_\zeta - r'v_\xi), \quad 2m(q'v_\xi - p'v_\eta).$$

Nous avons donc

$$V = \Sigma(\xi v_\xi + \eta v_\eta + \zeta v_\zeta) = 2\Sigma m\left[\xi(r'v_\eta - q'v_\zeta) + \eta(p'v_\zeta - r'v_\xi) + \cdots\right],$$

d'où

$$\tfrac{1}{2}V = p'\Sigma m(\eta v_\zeta - \zeta v_\eta) + q'\Sigma m(\zeta v_\xi - \xi v_\zeta) + r'\Sigma m(\xi v_\eta - \eta v_\xi).$$

Les Σ représentent, comme on sait, les sommes des moments des quantités de mouvement relatives de tous les points par rapport aux axes $O\xi$, $O\eta$, $O\zeta$; si donc $OK = K$ désigne l'axe d'impulsion du système dans son mouvement relatif, l'équation précédente revient à

$$\tfrac{1}{2}V = \omega_1 K \cos\overline{\omega_1 K}.$$

Ainsi *le demi-viriel des forces centrifuges composées d'un système matériel, par rapport à un point* O *du système de comparaison, est égal à la vitesse angulaire de la rotation d'entraînement, multipliée par la projection, sur l'axe de cette rotation, de l'axe d'impulsion correspondant au même point* O *dans le mouvement relatif du système.*

Dans le cas particulier d'un corps solide, l'axe d'impulsion relatif ayant pour projections sur Ox, Oy, Oz, les quantités Ap, Bq, Cr, la relation précédente devient

$$\tfrac{1}{2}V = App_1 + Bqq_1 + Crr_1,$$

ce que nous aurions pu déduire aussi des formules (1). Il en résulte que *le viriel des forces centrifuges composées du solide ne change pas de valeur lorsque l'on permute l'une dans l'autre la rotation relative et la rotation d'entraînement.*

On remarquera encore que, lorsque le solide est de révolution autour d'un axe Oz et tourne autour de cet axe, comme on l'a supposé plus haut, on a simplement

$$\tfrac{1}{2}V = C\omega\omega_1 \cos\overline{\omega\omega_1},$$

et en rapprochant cette équation de la valeur de N dans le même cas, on trouve les relations suivantes :

$$V^2 + 4N^2 = 4C^2\omega^2\omega_1^2, \quad \frac{2N}{V} = \operatorname{tg} \overline{\omega\omega_1},$$

en sorte que la somme $V^2 + 4N^2$ est indépendante de l'angle compris entre les axes OR, OR_1, tandis que le rapport N : V ne dépend que de cet angle.

9. Revenons encore aux équations (1), multiplions la dernière par q, l'avant-dernière par r, et soustrayons. Il vient

$$q\varphi_z - r\varphi_y = 2m\,(pp_1 + qq_1 + rr_1)\,(qz - ry),$$

d'où, par une transformation facile qui s'applique également aux deux autres axes,

$$(7) \quad \ldots \quad \begin{cases} q\varphi_z - r\varphi_y = 2m\omega\omega_1 \cos \overline{\omega\omega_1} \,.\, v_x, \\ r\varphi_x - p\varphi_z = 2m\omega\omega_1 \cos \overline{\omega\omega_1} \,.\, v_y, \\ p\varphi_y - q\varphi_x = 2m\omega\omega_1 \cos \overline{\omega\omega_1} \,.\, v_z. \end{cases}$$

Les premiers membres expriment les composantes de la vitesse relative d'un point du solide, dont les coordonnées seraient φ_x, φ_y, φ_z. Donc, *si l'on mène du point* O *une droite* OJ *égale et parallèle à l'accélération centrifuge composée d'un point quelconque* M *du corps, et qu'on suppose le point* J *lié au corps, sa vitesse relative sera parallèle à celle du point* M, *de même sens ou de sens contraire selon que les axes* OR, OR_1 *feront entre eux un angle aigu ou obtus. Le rapport de ces deux vitesses, constant à un même instant pour tous les points du solide, est égal à* $2m\omega\omega_1 \cos \overline{\omega\omega_1}$.

Nous tirons encore des équations (7)

$$\frac{q\varphi_z - r\varphi_y}{v_x} = \frac{r\varphi_x - p\varphi_z}{v_y} = \frac{p\varphi_y - q\varphi_x}{v_z} = \frac{v_x\,(q\varphi_z - r\varphi_y) + v_y\,(r\varphi_x - p\varphi_z) + \cdots}{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

$$= \frac{\varphi_x\,(rv_y - qv_z) + \varphi_y\,(pv_z - rv_x) + \varphi_z\,(qv_x - pv_y)}{v^2}.$$

Or, nous savons que

$$rv_y - qv_z, \quad pv_z - rv_x, \quad qv_x - pv_y$$

sont les composantes, parallèles aux axes Ox, Oy, Oz respectivement, de l'*accélération centrifuge* dont le point M serait animé dans sa rotation autour de OR, si cet axe était supposé fixe, accélération dont l'expression est $\omega^2 f$, f désignant le *rayon de rotation* du point M ou sa distance à l'axe OR. Comme d'ailleurs on a

$$v^2 = \omega^2 f^2,$$

le dernier membre de l'égalité ci-dessus peut se mettre sous la forme

$$\frac{\varphi . \omega^2 f \cos \overline{\varphi f}}{\omega^2 f^2} = \frac{\varphi \cos \overline{\varphi f}}{f},$$

$\overline{\varphi f}$ étant l'angle que fait la direction de la force φ avec celle du rayon f, qui est en même temps celle de l'accélération centrifuge. Il suit de là, et des équations (7), que l'on a

$$(8) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{\varphi \cos \overline{\varphi f}}{f} = 2m\omega\omega_1 \cos \overline{\omega\omega_1}.$$

Si l'on divise les deux membres par m, $\frac{\varphi}{m}$ devient l'accélération centrifuge composée de M. On peut donc dire que : *Si l'on divise l'accélération centrifuge composée d'un point quelconque* M *du corps, projetée sur le rayon de rotation de ce point, par ce rayon, on obtient un quotient qui est le même, à un même instant, pour tous les points du corps, et égal au double produit des vitesses des rotations relative et d'entraînement par le cosinus de l'angle compris entre leurs axes.*

Multiplions par f^2 les deux membres de l'équation (8), et faisons la somme pour tous les points du corps ; il viendra

$$\Sigma \varphi f \cos \overline{\varphi f} = 2\omega\omega_1 \cos \overline{\omega\omega_1} \Sigma m f^2 = 2H\omega\omega_1 \cos \overline{\omega\omega_1},$$

H désignant le moment d'inertie du corps par rapport à l'axe OR.

De là cet autre théorème : *Si l'on multiplie la force centrifuge composée de chaque point* M *du corps, projetée sur le rayon de rotation de* M, *par ce rayon, la somme de ces produits étendue à tous les points du corps égale le double produit du moment d'inertie du corps par rapport à l'axe de la rotation relative, par les vitesses angulaires des rotations relative et d'entraînement et par le cosinus de l'angle de leurs axes.*

Les équations (4) conduisent également à diverses relations que nous n'indiquerons pas ici.

10. Nous avons supposé jusqu'ici qu'un point O du corps était fixe par rapport au système de comparaison; admettons maintenant que le corps soit libre. Nous décomposerons son mouvement relatif en deux autres, une translation égale et parallèle à la vitesse relative u d'un certain point O du corps, et une rotation autour de ce point. Nous supposerons encore que $OR = \omega$ représente l'axe de cette rotation, que Ox, Oy, Oz soient trois axes rectangulaires liés au solide, et auxquels se rapportent les coordonnées x, y, z d'un point quelconque du corps.

Les expressions des composantes v_x, v_y, v_z de la vitesse relative dans le cas primitif seront simplement augmentées des quantités u_x, u_y, u_z respectivement, et par conséquent, les valeurs de φ_x, φ_y, φ_z données par les équations (1), seront simplement augmentées des termes correspondant à la vitesse de translation u, savoir

$$2m\,(r_1u_y - q_1u_z),\quad 2m\,(p_1u_z - r_1u_x),\quad 2m\,(q_1u_x - p_1u_y).$$

Si l'on observe que les coefficients de m sont ici les mêmes pour tous les points du corps, en sorte que

$$\Sigma 2m\,(r_1u_y - q_1u_z) = 2\mathrm{M}\,(r_1u_y - q_1u_z),\ \text{etc.}$$

on conclura encore que les valeurs de Φ_x, Φ_y, Φ_z, trouvées au n° 3 pour les projections de la résultante Φ des forces centrifuges

composées, seront simplement augmentées, dans le cas général, des quantités respectives

$$2M(r_1u_y - q_1u_z), \quad 2M(p_1u_z - r_1u_x), \quad 2M(q_1u_x - p_1u_y),$$

c'est-à-dire des projections sur Ox, Oy, Oz de la force centrifuge composée du point O, dans lequel on supposerait toute la masse du corps réunie. Le problème est donc résolu, en ce qui concerne la résultante de translation, par ce théorème : *Lorsque le corps solide a un mouvement quelconque par rapport au système de comparaison, la résultante des forces centrifuges composées de tous ses points se compose* 1° *de la force centrifuge composée d'un point* O *du corps, dans lequel toute la masse serait réunie ;* 2° *de la résultante* Φ *des forces centrifuges composées dues à la rotation autour du point* O, *résultante que nous avons déterminée par le théorème du n°* 3.

Le point O pouvant être choisi arbitrairement, plaçons-le au centre de gravité G du corps. Nous savons (4) que dans cette hypothèse la résultante Φ s'évanouit, en sorte qu'il ne reste que la première des deux composantes indiquées ci-dessus. Donc, en général, *la résultante des forces centrifuges composées du corps est égale, en grandeur et en direction, à la force centrifuge composée du centre de gravité du corps, dans lequel toute la masse serait réunie,* ainsi que l'a énoncé M. Résal.

11. Considérons maintenant le moment résultant des forces centrifuges composées. Les termes qui, dans l'expression des composantes de ces forces, proviennent de la translation u, sont les mêmes pour tous les points du corps, comme on l'a remarqué plus haut, et déterminent conséquemment une résultante appliquée au centre de gravité du corps, résultante qui a pour projections sur les axes

$$2M(r_1u_y - q_1u_z), \quad 2M(p_1u_z - r_1u_x), \ldots$$

Il suffit donc, pour déterminer l'axe du moment résultant, rela-

tif à un point O, des forces centrifuges composées du corps, de chercher l'axe du moment résultant de la force ci-dessus, et de le composer avec l'axe du moment résultant N des forces centrifuges dues à la rotation autour du point O, axe que nous avons déterminé au n° 6. Faisons coïncider le point O avec le centre de gravité du corps. La force centrifuge composée résultant du mouvement de translation étant appliquée à ce point, son moment est nul : il reste donc la deuxième composante, c'est-à-dire l'axe N déjà déterminé. Donc

Lorsque le corps solide a un mouvement quelconque par rapport au système de comparaison, l'axe du couple résultant des forces centrifuges composées du corps, relatif au centre de gravité du corps, se détermine exactement par les mêmes formules et les mêmes constructions que si ce centre de gravité était fixé au système de comparaison.

Nous sommes donc ramené à un problème déjà résolu.

12. La théorie exposée dans ce qui précède s'applique avantageusement à la mécanique du mouvement relatif d'un corps solide. Nous n'en donnerons ici qu'un exemple, la recherche de l'équation des moments par rapport à l'axe de révolution d'un solide fixé par un point O de son axe de figure au système de comparaison, question qui se présente dans la théorie du gyroscope de Foucault.

Pour obtenir cette équation, rappelons 1° que le mouvement relatif se traite comme un mouvement absolu, pourvu qu'on joigne aux forces motrices les réactions d'entraînement et les forces centrifuges composées de tous les points du système matériel; 2° que dans le mouvement absolu d'un système, l'axe du couple moteur relatif à l'origine O est égal et parallèle à la vitesse du point K, extrémité de l'axe OK du couple résultant des quantités de mouvement du système (*).

Or, soient P, Q, R les projections de l'axe d'impulsion relatif

(*) Voir ma *Mécanique*, p. 243.

OK sur les axes mobiles Ox, Oy, Oz liés au solide, ou les coordonnées du point K. La composante suivant l'axe Oz de la vitesse du point K par rapport au système $Oxyz$ est donc $\frac{dR}{dt}$; celle de la vitesse de ce point considéré comme lié au solide serait évidemment $pQ - qP$; donc

$$\frac{dR}{dt} + pQ - qP$$

représente la projection sur Oz de la vitesse totale du point K par rapport au système de comparaison. Si donc X, Y, Z désignent les composantes parallèlement à Ox, Oy, Oz de la force motrice appliquée au point (x, y, z) combinée avec la réaction d'entraînement de ce point, le premier principe rappelé fournit immédiatement l'équation

$$\frac{dR}{dt} + pQ - qP = \Sigma(yZ - zY) + \Sigma(x_{\gamma_y} - y_{\gamma_x}).$$

Ce dernier terme n'est autre chose que N_z, calculé plus haut; en lui substituant sa valeur tirée des équations (4), on a

$$(9) \quad . \quad . \quad . \quad \frac{dR}{dt} + pQ - qP = \Sigma(yZ - zY) + 2\omega_1 \Sigma m\delta_1 v_z.$$

C'est, sous une forme bien plus simple, l'équation donnée sous le n° (39) par M. Quet, dans son *Mémoire sur les mouvements relatifs* (*), et à laquelle il n'est parvenu que par des calculs assez compliqués.

Si nous prenons pour Ox, Oy, Oz les axes principaux d'inertie du corps relatifs au point O, nous aurons

$$P = Ap, \quad Q = Bq, \quad R = Cr, \quad N_z = B_1 pq_1 - A_1 qp_1,$$

(*) *Journal de Liouville*, t. XVIII, 1853.

l'équation (9) prendra la forme

$$C\frac{dr}{dt} + (B - A)\,pq = \Sigma\,(xY - yX) + B_1pq_1 - A_1qp_1;$$

et si enfin le corps est de révolution autour de l'axe Oz, elle se réduira à la suivante :

$$C\left(\frac{dr}{dt} + qp_1 - pq_1\right) = \Sigma\,(xY - yX),$$

ce qui est identiquement l'équation (43) de M. Quet.

FORMATION

DE LA

RÉDUITE DE L'ÉQUATION DU MULTIPLICATEUR

DANS LE CAS DE LA TRANSFORMATION DU SEPTIÈME ORDRE;

PAR

LE P. JOUBERT, S. J.

Professeur à l'École Ste-Geneviève,
Doyen de la faculté des sciences de l'Université catholique de Paris.

I

Les équations modulaires du sixième, du huitième et du douzième degré correspondant à la transformation du cinquième, du septième et du onzième ordre donnent lieu à des réduites dont le degré est respectivement moindre d'une unité. Ce fait important énoncé par Galois a été démontré (*) par MM. Hermite et Betti. La même démonstration s'applique évidemment à l'équation du multiplicateur, et le but principal de cette Note est de montrer comment on peut, d'une manière assez facile, former effectivement cette réduite dans le cas de la transformation du septième ordre.

(*) *Sur la théorie des équations modulaires*, par M. Hermite, p. 58.

Nous allons d'abord rappeler quelques définitions. Soient K et K′ les deux fonctions complètes de l'intégrale elliptique

$$\int \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}},$$

c'est-à-dire

$$K=\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}}, \quad K'=\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k'^2\sin^2\varphi}}.$$

en posant

$$k^2+k'^2=1,$$

et

$$q=e^{-\pi\frac{K'}{K}}=e^{i\pi\omega}.$$

On sait en outre que les fonctions elliptiques peuvent s'exprimer à l'aide de séries comprises dans la formule

$$\theta_{\mu,\nu}(x,\omega)=\sum_{s=-\infty}^{s=+\infty}(-1)^{s\nu}\, e^{i\pi(2s+\mu)x+\frac{i\pi\omega}{4}(2s+\mu)^2}$$

μ, ν étant l'un quelconque des deux nombres 0 ou 1.

A chaque transformation distincte d'ordre n sont attachées deux constantes, le module λ et le multiplicateur M : elles dépendent du module k de la fonction donnée, et leurs diverses valeurs sont respectivement les racines de deux équations, l'équation modulaire et celle du multiplicateur, dont le degré est égal au nombre des transformations.

En supposant n premier impair, ces équations sont de degré $n+1$; les valeurs de M sont représentées par la formule

$$M=\frac{\sin^2 \operatorname{co am} 4\varpi \quad \sin^2 \operatorname{co am} 8\varpi \quad \cdots \quad \sin^2 \operatorname{co am} 2(n-1)\varpi}{\sin^2 \operatorname{am} 4\varpi \quad \sin^2 \operatorname{am} 8\varpi \quad \cdots \quad \sin^2 \operatorname{am} 2(n-1)\varpi}$$

en faisant

$$\varpi=\frac{mK+m'iK'}{n},$$

où m et m' sont deux nombres entiers qu'on peut multiplier par un même facteur sans changer la valeur de M. Il suit de là que c'est uniquement le rapport $\frac{m}{m'}$ qui définit chaque racine, et comme les deux termes sont pris suivant le module n, il reçoit d'une part la valeur ∞ pour $m' \equiv 0$ et de l'autre la série des n nombres entiers

$$0, \quad 1, \quad 2, \quad \cdots \quad n-1.$$

On est donc conduit, pour représenter les racines de l'équation du multiplicateur à la notation M_p, p prenant les $n+1$ valeurs

$$\infty, \quad 0, \quad 1, \quad 2, \quad \cdots \quad n-1.$$

Ces mêmes valeurs peuvent être mises sous une autre forme, qui permet de les développer aisément en séries ordonnées suivant les puissances de q. Nous avons en effet

$$M_\infty = \frac{1}{n} \frac{\theta_{0,0}^2(0, \omega)}{\theta_{0,0}^2(0, n\omega)},$$

et pour les n autres racines

$$M_p = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{\theta_{0,0}^2(0, \omega)}{\theta_{0,0}^2\left(0, \frac{\omega + 4t}{n}\right)}:$$

le nombre entier t qui figure ici est lié à l'indice p ou $\frac{m}{m'}$ par la relation

$$m \equiv 4m't \pmod{n}.$$

Rappelons encore les deux propriétés suivantes de l'équation du multiplicateur :

I. Si l'on change k en k', ou, ce qui revient au même, ω en $-\frac{1}{\omega}$, les racines demeurent les mêmes ou ne font que changer de signe, suivant que le nombre n est de la forme $4p+1$ ou $4p+3$.

Ajoutons, afin de préciser davantage, que M_∞ se change en

$(-1)^{\frac{n-1}{2}} M_0$, et vice versâ : et, pour les autres racines, M_p se change en $(-1)^{\frac{n-1}{2}} M_{p'}$, les indices p et p' étant liés entre eux par la relation

$$pp' \equiv -1 \text{ (mod. } n).$$

Il suit de là que si n est de la forme $4p+3$, en faisant $\omega = i$, ou, ce qui est la même chose, $k^2 = k'^2 = \frac{1}{2}$, les racines de l'équation du multiplicateur deviennent deux à deux égales et de signes contraires, en sorte que

$$M_\infty = -M_0, \quad M_p = -M_{p'}.$$

Au contraire, si n est de la forme $4p+1$, les racines sont égales deux à deux : nous avons

$$M_\infty = M_0, \quad M_p = M_{p'} :$$

il n'y a d'exception que pour les deux racines M_p et M_{n-p} lorsque l'indice p est racine de la congruence

$$p^2 \equiv -1 \text{ (mod. } n).$$

II. En changeant dans l'équation du multiplicateur k en $\frac{1}{k}$, ou, ce qui est la même chose, ω en $\frac{\omega}{1+\omega}$, celle qui en résulte a pour racines les diverses valeurs de $\frac{Mk}{\lambda}$.

On reconnaît, en effet, en faisant ce changement que M_∞, M_0, M_{n-1} deviennent respectivement $\frac{M_1 k}{\lambda_1}$, $\frac{M_0 k}{\lambda_0}$, $\frac{M_\infty k}{\infty}$, et, pour les autres racines, M_p se change en $\frac{M_{p'} k}{\lambda_{p'}}$ les deux indices p et p' étant liés entre eux par la relation

$$p \equiv (p+1)p' \text{ (mod. } n).$$

II

On connaît l'importance pour l'étude d'une équation de cette fonction des coefficients à laquelle on a donné le nom de discriminant et qui représente le produit des carrés des différences des racines. Pour l'équation modulaire qui a lieu entre v et u, en faisant

$$v = \sqrt[4]{\lambda}, \quad u = \sqrt[4]{k},$$

le discriminant est un carré parfait. Cette propriété importante a été établie par M. Hermite (*) dans son beau Mémoire sur les équations modulaires. Il a montré qu'en s'adjoignant $\sqrt{(-1)^{\frac{n-1}{2}} n}$, le produit des différences des racines s'exprime rationnellement en fonction de u.

En partant de là, il est bien facile de prouver que la même propriété a lieu pour l'équation du multiplicateur.

Nous nous servons de la formule

$$M^2 = \frac{1}{n} \frac{\lambda(1-\lambda^2)\,dk}{k(1-k^2)\,d\lambda},$$

due à Jacobi (**). Mettons v^4 et u^4 à la place de λ et k, et tenons compte de l'équation qui existe entre v et u, nous trouvons évidemment une relation de la forme

$$M^2 = \frac{\varphi(u, v)}{\psi(u, v)}$$

$\varphi(u, v)$ et $\psi(u, v)$ étant des polynômes entiers en u et v.

(*) *Sur la théorie des équations modulaires*, par M. Hermite, p. 30.

(**) *Nova fundamenta*, p. 75.

La théorie des fonctions symétriques permet de remplacer cette équation par la suivante

$$M^2 = \frac{f(u, v)}{\chi(u)},$$

dans laquelle les deux termes de la fraction sont eux-mêmes des polynômes entiers. Appliquons cette formule aux diverses transformations d'ordre n, et prenons les différences deux à deux, nous avons $\frac{(n+1)n}{2}$ équations de la forme

$$M_p^2 - M_{p'}^2 = \frac{f(u, v_p) - f(u, v_{p'})}{\chi(u)},$$

ou bien

$$M_p - M_{p'} = \frac{1}{\chi(u)} \frac{1}{M_p + M_{p'}} \frac{f(u, v_p) - f(u, v_{p'})}{v_p - v_{p'}} (v_p - v_{p'}).$$

En les multipliant entre elles, nous trouvons

$$\Pi(M_p - M_{p'}) = \frac{1}{\chi(u)^{\frac{(n+1)n}{2}}} \frac{1}{\Pi(M_p + M_{p'})} \Pi \frac{f(u, v_p) - f(u, v_{p'})}{v_p - v_{p'}} \Pi(v_p - v_{p'}).$$

Or

$$\Pi(M_p + M_{p'}), \quad \Pi \frac{f(u, v_p) - f(u, v_{p'})}{v_p - v_{p'}}$$

étant des fonctions symétriques des racines sont des polynômes entiers en u. En tenant compte de la propriété du discriminant de l'équation modulaire, nous avons donc

$$\Pi(M_p - M_{p'}) = \sqrt{(-1)^{\frac{n-1}{2}} n} \frac{\Phi(u)}{\Phi_1(u)},$$

$\Phi(u)$ et $\Phi_1(u)$ étant des polynômes entiers en u à coefficients rationnels. Mais le multiplicateur ne peut devenir infini pour aucune valeur finie de u; la fraction étant supposée irréductible, il est donc permis de faire $\Phi_1(u) = 1$.

Ajoutons que le discriminant de l'équation du multiplicateur est un polynôme entier en $k^2k'^2$. Cela est évident, si $n \equiv 1$ (mod. 4), car les coefficients de l'équation ne dépendent que de $k^2k'^2$. Et, si $n \equiv 3$ (mod. 4), en changeant k en k', les racines ne font que changer de signe, et, par suite, le discriminant, gardant la même valeur, ne peut contenir que des puissances paires de $k^2 - k'^2$. Nous verrons bientôt que la racine carrée du discriminant est elle-même un polynôme entier en $k^2k'^2$.

III

L'observation suivante peut servir à simplifier la recherche du discriminant. Posons

$$w = k^2 - k'^2 :$$

Jacobi a démontré (*) que le multiplicateur satisfait à l'équation différentielle

$$M \left\{ (k - k^3) \frac{d^2M}{dk^2} + (1 - 3k^2) \frac{dM}{dk} - kM \right\} + \frac{\lambda d\lambda}{n dk} = 0 \cdot$$

En tenant compte de l'équation rappelée plus haut, et introduisant la variable w à la place de k, cette équation devient

$$M^3 \left\{ (1 - w^2) \frac{d^2M}{dw^2} - 2w \frac{dM}{dw} - \frac{M}{4} \right\} + \frac{\lambda^2 \lambda'^2}{n^2 (1 - w^2)} = 0 \cdot$$

L'équation du multiplicateur étant

$$F(w, M) = 0,$$

(*) *Nova fundamenta*, p. 77.

supposons que pour un certain système de valeurs w' et M', nous ayons à la fois

$$F(w, M) = 0, \quad F'_M(w, M) = 0,$$

nous aurons en même temps

$$F'_w(w, M) = 0,$$

pourvu que la différence $1 - w'^2$ ne soit pas nulle, c'est-à-dire que k^2 ne soit égal ni à zéro, ni à l'unité.

Admettons, en effet, que $F'_w(w, M)$ ne soit pas nulle, et, afin d'éviter toute difficulté, que M' soit pour $w = w'$ racine de degré de multiplicité p, en sorte que les dérivées de $F(w, M)$ prises par rapport à M, soient nulles jusqu'à celle d'ordre p exclusivement. En posant

$$w = w' + h, \quad M = M' + l,$$

les p racines qui deviennent égales à M' pour $h = 0$ sont développables en séries ordonnées suivant les puissances croissantes de h et forment un système circulaire. Pour l'une d'elles nous aurons

$$M = M' + Ah^{\frac{1}{p}} + \cdots,$$

le coefficient A n'étant pas nul. Substituons cette valeur dans l'équation différentielle, le terme $M^3(1 - w^2)\frac{d^2M}{dw^2}$ en fournira un de degré $\frac{1}{p} - 2$ par rapport à h, puisque $1 - w'^2$ n'est pas nulle; ce sera le terme de degré le moins élevé par rapport à h, et il sera seul de son espèce : il y a donc impossibilité, et par suite il faut que nous ayons $F'_w(w, M) = 0$.

Il suit de là qu'en regardant w comme une fonction de M définie par l'équation $F(w, M) = 0$, les valeurs de M, qui sont racines multiples, sont comprises parmi celles qui annulent le discriminant de cette équation. La réciproque n'est pas vraie : toutes les valeurs de M qui annulent ce discriminant ne sont pas racines multiples de l'équation du multiplicateur.

Lorsque nous avons $n \equiv 1$ (mod. 4), il est naturel de regarder M comme fonction de $k^2k'^2$; en posant

$$k^2k'^2 = z,$$

nous aurons

$$4z(1-4z)\frac{d^2M}{dz^2} + 4(1-6z)\frac{dM}{dz} - M + \frac{\lambda^2\lambda'^2}{n^2zM^3} = 0.$$

Soit

$$F(z, M) = 0$$

l'équation du multiplicateur, si pour un certain système de valeurs z', M' nous avons à la fois

$$F(z, M) = 0, \quad F'_M(z, M) = 0,$$

nous aurons aussi $F'_z(z, M) = 0$, pourvu que le produit $z(1-4z)$ ne soit pas nul, c'est-à-dire que k^2 ne prenne aucune des valeurs $0, \frac{1}{2}, 1$.

IV

En développant les valeurs de M en séries ordonnées suivant les puissances croissantes de k, on trouve sans peine

$$M_\infty = \frac{1}{n} + \cdots, \quad M_0 = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \left\{ 1 - 2^{2-\frac{4}{n}} k^{\frac{2}{n}} + \cdots \right\},$$

et en général

$$M_p = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \left\{ 1 - 2^{2-\frac{4}{n}} e^{\frac{4i\pi}{p}} k^{\frac{2}{n}} + \cdots \right\},$$

les nombres entiers t et p étant liés par la relation

$$4t \equiv p \text{ (mod. } n).$$

On a encore

$$\frac{M_\infty k}{\lambda_\infty} = \frac{1}{n}\left(\frac{4}{k}\right)^{n-1} + \cdots, \quad \frac{M_0 k}{\lambda_0} = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{1}{4^{1-\frac{1}{n}}} k^{1-\frac{1}{n}} + \cdots$$

et en général

$$\frac{M_p k}{\lambda_p} = (-1)^{\frac{n-1}{2}} e^{\frac{-2ti\pi}{n}} \left(\frac{k}{4}\right)^{1-\frac{1}{n}} + \cdots$$

Le discriminant P de l'équation du multiplicateur est un polynôme entier en $k^2k'^2$. On conclut facilement des résultats qui précèdent, que ce polynôme étant ordonné suivant les puissances croissantes, on a

$$P = A(k^2k'^2)^{n-1} + \cdots + B(k^2k'^2)^{\frac{n^2-1}{4}},$$

et puisque P est un carré parfait, sa racine carrée est elle-même un polynôme entier en $k^2k'^2$. En posant

$$\begin{aligned}\Delta = &(M_\infty - M_0)(M_\infty - M_1) \cdots (M_\infty - M_{n-2})(M_\infty - M_{n-1})\\ &(M_{n-1} - M_0)(M_{n-1} - M_1) \cdots (M_{n-1} - M_{n-2})\\ &\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\\ &(M_1 - M_0)\end{aligned}$$

il est donc permis d'écrire

$$\Delta = a(k^2k'^2)^{\frac{n-1}{2}} + \cdots + b(k^2k'^2)^{\frac{n^2-1}{8}},$$

a et b étant deux coefficients numériques, dont nous allons donner la valeur. Un calcul facile conduit au résultat suivant :

$$a = \sqrt{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}\,\frac{\left\{1 - (-1)^{\frac{n-1}{2}} n\right\}^n}{n^{\frac{n}{2}}}\, 2^{(n-1)(n-2)}$$

$$b = \sqrt{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}\,\frac{1}{n^{\frac{n}{2}}}\, 2^{n^2-1}$$

Le radical $\sqrt{(-1)^{\frac{n-1}{2}}}$, qui figure dans ces expressions, doit être pris avec le même signe dans ces deux formules. En particulier, si l'on suppose $n = 3$, on trouve

$$a = b = i\frac{2^8}{\sqrt{27}},$$

résultat facile à vérifier.

V

Appliquons maintenant ces remarques à l'équation du multiplicateur relative à la transformation du septième ordre. Cette équation est la suivante (*) :

$$k'^2(M+1)^7(7M-1)+k^2(M-1)^7(7M+1)$$
$$+k^2k'^2\{2^{11}(k^2-k'^2)M^7+21\,.\,2^8M^6\}=0.$$

Nous donnerons d'abord les valeurs numériques de M, lorsqu'on suppose $k^2=k'^2=\frac{1}{2}$, c'est-à-dire $\omega=i$. En faisant $z=M^2$, nous trouvons l'équation

$$7z^4+4\,.\,371z^3+6\,.\,35z^2+4\,.\,7z-1=0:$$

les deux invariants I et J ont pour valeurs

$$I=-105\,.\,2^6.,\quad J=2^9.\,7^2.\,11.$$

On peut prendre pour réduite l'équation

$$4\theta^3-I\theta+J=0,$$

dont les racines sont

$$\theta=-28,\quad 2(7\pm 9i\sqrt{7}).$$

On sait que l'équation du quatrième degré étant

$$ax^4+4bx^3+6cx^2+4dx+e=0$$

et ayant pour racines α, β, γ, δ, l'une des valeurs de θ est

$$\theta=\frac{a}{12}\{(\alpha-\delta)(\beta-\gamma)+(\alpha-\gamma)(\beta-\delta)\},$$

(*) *Comptes rendus*, t. XLVII, p. 342.

et si l'on pose

$$t = a(\alpha + \beta - \gamma - \delta),$$

on a

$$t^2 = 16(b^2 - ac + a\theta).$$

Dans le cas actuel les trois valeurs de $\frac{t^2}{a^2}$ sont

$$2^8.5^2.7, \quad \frac{2^5}{\sqrt{7}}(1403\sqrt{7} + 9i), \quad \frac{2^5}{\sqrt{7}}(1403\sqrt{7} - 9i):$$

en les représentant par t_0, t_1, t_2, les quatre valeurs de M^2 sont comprises dans la formule

$$M^2 = -53 + \frac{1}{4}(\sqrt{t_0} + \sqrt{t_1} + \sqrt{t_2}),$$

les trois radicaux devant être pris avec des signes tels qu'on ait

$$a^3\sqrt{t_0}\sqrt{t_1}\sqrt{t_2} = 2^5(-2b^3 + 3abc - a^2d).$$

Ici le produit des trois radicaux doit être négatif. Leurs valeurs sont :

$$\sqrt{t_0} = \pm 80\sqrt{7},$$

$$\sqrt{t_1} = \pm \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt[4]{7}}\{61 + 23\sqrt{7} + i(61 - 23\sqrt{7})\},$$

$$\sqrt{t_2} = \pm \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt[4]{7}}\{61 + 23\sqrt{7} - i(61 - 23\sqrt{7})\}.$$

On en conclut

$$M^2 = -53 - 20\sqrt{7} \pm \frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{7}}.(61 + 23\sqrt{7}),$$

et

$$M^2 = -53 + 20\sqrt{7} \pm i\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{7}}(61 - 23\sqrt{7}).$$

D'un autre côté on sait que

$$M_\infty = -M_0, \quad M_1 = -M_6, \quad M_2 = -M_5, \quad M_4 = -M_3:$$

de plus M_1 et M_6 sont des quantités imaginaires conjuguées, leurs parties réelles sont donc nulles, et par suite M_1^2 est réelle et négative; d'ailleurs M_∞^2 est la seule des valeurs de M^2 qui soit positive. On peut donc poser

$$M_\infty^2 = -53 - 20\sqrt{7} + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{7}}(61 + 23\sqrt{7}),$$

$$M_1^2 = -53 - 20\sqrt{7} - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{7}}(61 + 23\sqrt{7}).$$

Les deux autres racines représentent les valeurs de M_3^2 et de M_4^2. Afin de les distinguer, je remarque que

$$M_2 = -\frac{\theta_{0,0}^2(0, i)}{\theta_{0,0}^2\left(0, \frac{i+2}{7}\right)};$$

et en posant

$$\theta_{0,0}\left(0, \frac{i+2}{7}\right) = A + Bi,$$

il vient

$$A = 1 + 2e^{-\frac{\pi}{7}}\cos\frac{2\pi}{7} - 2e^{-\frac{4\pi}{7}}\cos\frac{\pi}{7} + 2e^{-\frac{9\pi}{7}}\cos\frac{4\pi}{7} + \cdots$$

$$B = \quad 2e^{-\frac{\pi}{7}}\sin\frac{2\pi}{7} - 2e^{-\frac{4\pi}{7}}\sin\frac{\pi}{7} + 2e^{-\frac{9\pi}{7}}\sin\frac{4\pi}{7} + \cdots$$

Un calcul numérique assez facile fait reconnaître que A et B ont des valeurs positives, et que A surpasse B. D'un autre côté, nous avons

$$M_2 = -\frac{\theta_{0,0}^2(0, i)}{(A^2 + B^2)^2}(A - Bi)^2, \quad M_4 = \frac{\theta_{0,0}^2(0, i)}{(A^2 + B^2)^2}(A + Bi)^2.$$

Nous pouvons conclure de là que dans M_4^2 le coefficient de i est positif, et par suite nous avons

$$M_4^2 = -53 + 20\sqrt{7} + i\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{7}}(61 - 23\sqrt{7}),$$

$$M_2^2 = -53 + 20\sqrt{7} - i\frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{7}}(61 - 23\sqrt{7}),$$

VI

Nous allons former le discriminant de l'équation du multiplicateur : en posant

$$w = k^2 - k'^2$$

elle peut se mettre sous la forme suivante :

$$M^8 - (512w^3 - 464w)\frac{M^7}{7} - (192w^2 - 212)M^6$$
$$- 32wM^5 + 30M^4 - 16wM^3 + 4M^2 - \frac{1}{7} = 0.$$

On sait que pour obtenir le discriminant, il suffit de rendre l'équation homogène, d'égaler à zéro les deux dérivées partielles et d'éliminer M entre les deux équations ainsi formées. En appliquant cette méthode, on trouve les deux équations

$$A = M^6 - (64w^3 - 58w)M^5 - (144w^2 - 159)M^4$$
$$- 20wM^3 + 15M^2 - 6wM + 1 = 0.$$

$$B = (64w^3 - 58w)M^7 + (336w^2 - 371)M^6 + 84wM^5$$
$$- 105M^4 + 70wM^3 - 21M^2 + 1 = 0.$$

Formons l'expression

$$B - A(1 + 6wM);$$

le résultat est divisible par $4(w^2-1)M^2$, et en posant

$$B - A(1+6wM) = 4(w^2-1)M^2C,$$

nous avons

$$C = 16wM^5 + (96w^2+93)M^4 + 252wM^3 + 66M^2 + 9.$$

Il suit de là qu'en laissant de côté le facteur w^2-1, qui, égalé à zéro, donne $k=0$ ou $k'=0$, nous devons éliminer M entre les deux équations

$$A=0 \quad C=0.$$

Remarquons maintenant que

$$9A - (1-6wM)C = M^2D$$

en posant

$$D = (96w^2+9)M^4 + 1064wM^3 + 1558M^2 - 16wM + 69.$$

Nous obtenons ainsi les deux équations

$$C=0 \quad D=0$$

ou bien, en les retranchant l'une de l'autre, et supprimant le facteur 4, nous avons

$$16wM^5 + (96w^2+93) + 252wM^3 + 66M^2 + 9 = 0$$
$$4wM^5 + 21M^4 - 208wM^3 - 318M^2 + 4wM - 15 = 0.$$

Nous devrions éliminer M entre ces deux équations : mais il paraît plus simple de former l'équation qui admet pour racines les valeurs de M qui deviennent multiples, afin d'en conclure ensuite les valeurs correspondantes de w. En tirant w de la seconde équation, il vient

$$4w = -\frac{3(7M^4-106M^2-5)}{M(M^4-52M^2+1)}.$$

et en substituant dans la première, nous aurons

$$(M^6 - 141M^4 + 75M^2 + 1)^2 = 0.$$

Ainsi les valeurs de M qui deviennent multiples satisfont à l'équation

$$M^6 - 141M^4 + 75M^2 + 1 = 0.$$

Il s'agit d'obtenir les valeurs correspondantes de w. On sait qu'en tenant compte de l'équation précédente, la fraction

$$\frac{7M^4 - 106M^2 - 5}{M^4 - 52M^2 + 1}$$

peut se mettre sous la forme

$$aM^4 + bM^2 + c.$$

En faisant usage de la méthode des coefficients indéterminés, on trouve

$$\frac{7M^4 - 106M^2 - 5}{M^4 - 52M^2 + 1} = -\frac{M^4 - 142M^2 + 37}{18}$$

ou bien

$$\frac{7M^4 - 106M^2 - 5}{M^4 - 52M^2 + 1} = -\frac{(M^4 - 141M^2 + 75) - (M^2 + 38)}{18}.$$

En élevant au carré on obtient sans peine

$$\left(\frac{7M^4 - 106M^2 - 5}{M^4 - 52M^2 + 1}\right)^2 = 2\frac{M^2 + 7}{3}$$

et par suite

$$8w^2 = 3\frac{M^2 + 7}{M^2}.$$

On conclut de là

$$M^2 = \frac{21}{5 - 2^5 k^2 k'^2}.$$

Telle est la relation très-simple qui existe entre M et $k^2k'^2$, lorsque l'équation du multiplicateur admet une racine double. En substituant cette valeur dans l'équation trouvée plus haut, nous obtenons pour déterminer k^2 l'équation suivante

$$2^8.(k^2k'^2)^3 - 2^4.3.5.53(k^2k'^2)^2 - 3.3863\,k^2k'^2 + 2^{11} = 0.$$

La racine carrée du discriminant de l'équation du multiplicateur est donc l'expression suivante

$$\frac{i}{\sqrt{7^7}}\,2^{10}(k^2k'^2)^3\{2^8(k^2k'^2)^3 - 2^4.3.5.53(k^2k'^2 - 3.3863k^2k'^2 + 2^{11}\}.$$

En prenant w pour l'inconnue de l'équation du multiplicateur, le discriminant, après la suppression d'une puissance de M qui s'y trouve comme facteur, est égal à l'expression suivante

$$(M^6 - 141M^4 + 75M^2 + 1)^2(537^2M^4 + 122M^2 + 3^3).$$

On voit donc que les valeurs multiples de M se trouvent parmi celles qui font acquérir des racines égales à l'équation du multiplicateur, quand on y regarde w comme fonction de M.

VII

Nous allons en terminant calculer la réduite de l'équation du multiplicateur. Suivant la méthode développée par M. Hermite dans le mémoire déjà cité, nous prendrons pour inconnue

$$X_i = (M_\infty - M_i)(M_{1+i} - M_{3+i})(M_{2+i} - M_{6+i})(M_{4+i} - M_{5+i}),$$

en donnant successivement à i les valeurs

$$0,\ 1,\ 2,\ \cdots\ 6,$$

et les indices devant être pris suivant le module 7. L'équation cherchée se met sous la forme suivante

$$X^7 + C_1X^6 + C_2X^5 + C_3X^4 + C_4X^3 + C_5X^2 + C_6X + \Delta = 0.$$

Nous poserons

$$\alpha = e^{\frac{2i\pi}{7}}$$

et en remarquant que

$$\alpha + \alpha^2 + \alpha^4 - \alpha^3 - \alpha^5 - \alpha^6 = i\sqrt{7},$$

nous trouvons sans peine que le coefficient Δ qui est égal au produit des différences des racines pris en signe contraire, a pour valeur

$$\Delta = -\frac{i}{\sqrt{7^7}} 2^{40}(k^2k'^2)^3 \{2^{11} - 3.3863k^2k'^2 - 2^4.3.5.53(k^2k'^2)^2 + 2^8(k^2k'^2)^3\}$$

L'équation ne pouvant avoir des racines infinies pour aucune valeur finie de k, les coefficients $C_1, C_2, \ldots$ sont des polynômes entiers en k^2, et en faisant attention que les racines restent les mêmes, quand on change k en k', on en conclut que le produit $k^2k'^2$ seul y figure. Pour reconnaître les degrés de ces polynômes, on n'a qu'à développer les racines suivant les puissances croissantes de k^2 d'une part, et d'autre part suivant les puissances décroissantes de la même quantité. Dans le premier cas le premier terme contient $k^{\frac{6}{7}}$, et dans le second $k^{3+\frac{3}{7}}$. Donc les termes de C_i ne peuvent contenir k à un degré inférieur à $\frac{6i}{7}$, ni le contenir à un degré supérieur à $3i + \frac{3i}{7}$. On conclut de là

$$C_1 = 0 :$$

les autres coefficients se présentent sous la forme suivante

$$C_2 = ak^2k'^2$$
$$C_3 = bk^4k'^4$$
$$C_4 = ck^4k'^4 + dk^6k'^6$$
$$C_5 = ek^6k'^6 + fk^8k'^8$$
$$C_6 = gk^6k'^6 + hk^8k'^8 + lk^{10}k'^{10}$$

$a, b, c, \ldots$ étant des quantités numériques ne contenant que la seule irrationnelle $\sqrt{-7}$.

Nous cherchons en premier lieu ce que deviennent les racines de la réduite en supposant

$$k^2 = k'^2 = \frac{1}{2}.$$

Nous trouvons

$$\begin{aligned}
X_0 &= 4M_\infty M_4 (M_1 + M_2)^2 \\
X_1 = X_2 &= (M_\infty - M_1)(M_\infty - M_2)(M_2 - M_4)(M_1 - M_4) \\
X_3 = X_6 &= (M_\infty + M_1)(M_\infty + M_2)(M_2 + M_4)(M_1 + M_4) \\
X_4 &= -(M_\infty - M_4)^2 (M_1 - M_2)^2 \\
X_5 &= 4M_1 M_2 (M_\infty + M_4)^2.
\end{aligned}$$

Ainsi dans le cas actuel, l'équation admet deux racines doubles et trois racines simples. Nous avons

$$\begin{aligned}
X_1 + X_3 &= 2(M_\infty M_4 + M_1 M_2)^2 + 2(M_\infty M_1 + M_2 M_4)(M_\infty M_2 + M_1 M_4) \\
X_1 X_3 &= (M_\infty^2 - M_1^2)(M_\infty^2 - M_2^2)(M_1^2 - M_4^2)(M_2^2 - M_4^2) \\
X_4 &= 2(M_\infty M_1 + M_2 M_4)(M_\infty M_2 + M_1 M_4) \\
&\quad - (M_\infty^2 + M_4^2)(M_1^2 + M_2^2) - 4M_\infty M_1 M_2 M_4 \\
X_0 + X_5 &= 4(M_\infty M_1 + M_2 M_4)(M_\infty M_2 + M_1 M_4) + 16 M_\infty M_1 M_2 M_4 \\
X_0 X_5 &= 16 M_\infty M_1 M_2 M_4 \{ (M_\infty^2 + M_4^2)(M_1^2 + M_2^2) \\
&\quad + 2(M_\infty M_1 + M_2 M_4)(M_\infty M_2 + M_1 M_4) + 4 M_\infty M_1 M_2 M_4 \}
\end{aligned}$$

En se servant des valeurs trouvées précédemment, nous obtenons

$$X_1 X_3 = \frac{2^7 . 3^3}{7} (-3 + i\sqrt{7}),$$

$$X_0 X_4 X_5 = \frac{2^{11} . 3^2}{7} (1 + 3i\sqrt{7}) M_\infty M_1 M_2 M_4,$$

et par suite le produit des racines est égal à

$$\frac{2^{22} . 3^8}{7^3} M_\infty M_1 M_2 M_4 :$$

Mais en faisant $k^2 = k'^2 = \frac{1}{2}$ dans l'expression du produit calculée plus haut, nous avons pour résultat

$$-\frac{2^{52}.3^8}{7^3\sqrt{7}}i:$$

donc

$$M_\infty M_1 M_2 M_4 = -\frac{i}{\sqrt{7}}.$$

Un calcul numérique facile donne

$$(M_\infty M_4 + M_1 M_2)^2 = 18 + 10.i\sqrt{7}$$

$$(M_\infty^2 + M_4^2)(M_1^2 + M_2^2) = 12 - \frac{72i}{\sqrt{7}},$$

et en remarquant que la somme des racines est nulle, il vient

$$(M_\infty M_1 + M_2 M_4)(M_\infty M_2 + M_1 M_4) = -6 - \frac{34i}{\sqrt{7}}.$$

Nous concluons de là

$$X_1 + X_5 = 24\left(1 + \frac{3i}{\sqrt{7}}\right)$$

$$X_4 = 8\left(-3 + \frac{i}{\sqrt{7}}\right)$$

$$X_0 + X_5 = -8\left(3 + \frac{19i}{\sqrt{7}}\right)$$

$$X_0 X_5 = -\frac{2^8.3^2}{7}$$

Lorsque nous faisons $k^2 = k'^2 = \frac{1}{2}$, la réduite devient donc

$$\left\{X^2 - 2^3.3\left(1 + \frac{3i}{\sqrt{7}}\right)X + \frac{2^7.3^3}{7}(-3 + i\sqrt{7})\right\}^2$$

$$\times\left\{X - 2^3\left(-3 + \frac{i}{\sqrt{7}}\right)\right\}\left\{X^2 + 2^3\left(3 + \frac{19i}{\sqrt{7}}\right)X - \frac{2^8.3^2}{7}\right\} = 0.$$

La comparaison des coefficients fournit immédiatement

$$a = -2^{13} \quad b = -2^{15}.3\,(29 + 3i\sqrt{7})$$

$$\frac{c}{2^4} + \frac{d}{2^6} = \frac{2^{18}.3^2}{7}(1 + 3i\sqrt{7})$$

$$\frac{e}{2^6} + \frac{f}{2^8} = \frac{2^{23}.3^5}{7}$$

$$\frac{g}{2^6} + \frac{h}{2^8} + \frac{l}{2^{10}} = \frac{2^{23}.3^7}{7^2}(11 - i\sqrt{7}).$$

Pour achever de déterminer les coefficients, nous développerons les racines suivant les puissances crossantes de q, et nous nous servirons des relations qui existent entre les coefficients d'une équation et les sommes des puissances semblables des racines. En représentant par S_p la somme des puissances $p^{\text{ièmes}}$ des racines, on aura

$$S_1 + C_1 = 0$$

$$S_2 + C_1S_1 + 2C_2 = 0$$

$$S_3 + C_1S_2 + C_2S_1 + 3C_3 = 0$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

Posons

$$r = q^{\frac{1}{7}}, \quad \varepsilon = -\frac{1 + i\sqrt{7}}{2}$$

nous avons

$$X_0 = -\frac{i}{\sqrt{7}}2^3r^3\{2 - r + (4 + 2\varepsilon)r^2 + (7 + 3\varepsilon)r^3$$

$$+ (3 + 4\varepsilon)r^5 - (4 + 2\varepsilon)r^6 + \cdots\}$$

Le changement de M_p en M_{p+1} s'effectuant par celui de r en $r\alpha^4$, cette racine fournit successivement toutes les autres. En formant

les puissances successives de X_0, nous obtenons immédiatement les développements des sommes S_p,

$$S_1 = 0$$
$$S_2 = 2^{18}.q + \cdots$$
$$S_3 = \frac{i}{\sqrt{7}} 2^{24}(225 + 261\varepsilon) q^2 + \cdots$$
$$S_4 = \frac{1}{7} 2^{32}(152 + 64\varepsilon) q^2 + \cdots$$
$$S_5 = \frac{i}{7\sqrt{7}} 2^{40}(2580 + 750\varepsilon) q^3 + \cdots$$
$$S_6 = \frac{1}{7^2} 2^{48}(756 + 384\varepsilon) q^3 + \cdots$$

D'un autre côté nous avons

$$k^2 k'^2 = 2^4 q + \cdots$$

En partant de ces résultats, un calcul facile donne les valeurs de

$$a,\ b,\ c,\ e,\ g.$$

On vérifie ainsi les valeurs déjà obtenues pour a et b. De plus

$$c = -\frac{1}{7} 2^{27}(3 + 2\varepsilon) = -\frac{1}{7} 2^{27}(2 - i\sqrt{7})$$
$$e = \frac{i}{7\sqrt{7}} 2^{29}.267\,(1 + 2\varepsilon) = \frac{2^{29}}{7}.267$$
$$g = \frac{1}{7^2} 2^{39}(43 + 20\varepsilon) = \frac{1}{7^2} 2^{39}(33 - 10i\sqrt{7}).$$

On conclut de là

$$d = \frac{2^{24}}{7}(73 - 5i\sqrt{7}) = \frac{2^{25}}{7}(39 + 5\varepsilon)$$
$$f = -\frac{2^{34}}{7} \cdot 3$$

Il nous reste à déterminer l'un des coefficients h ou l.

Pour y parvenir, remarquons qu'en changeant dans la réduite k en $\frac{1}{k}$, et faisant ensuite

$$X = -\frac{Z}{7k^4},$$

la nouvelle équation admet pour racines les expressions comprises dans la formule

$$Z_i = \left(\frac{\lambda_\infty}{M_8} - \frac{\lambda_i}{M_i}\right)\left(\frac{\lambda_{1+i}}{M_{1+i}} - \frac{\lambda_{3+i}}{M_{3+i}}\right)\left(\frac{\lambda_{2+i}}{M_{2+i}} - \frac{\lambda_{6+i}}{M_{6+i}}\right)\left(\frac{\lambda_{4+i}}{M_{4+i}} - \frac{\lambda_{5+i}}{M_{5+i}}\right)$$

i recevant les valeurs

$$0,\ 1,\ 2,\ \cdots 6,$$

et les indices étant pris suivant le module 7.

On a

$$\frac{\lambda_\infty}{M_\infty} = n\,\frac{\theta^2_{1,0}(0, n\omega)}{\theta^2_{0,0}(0, \omega)}$$

$$\frac{\lambda_p}{M_p} = (-1)^{\frac{n-1}{2}}\,\frac{\theta^2_{1,0}\left(0, \frac{\omega + 4l}{n}\right)}{\theta^2_{0,0}(0, \omega)}$$

en posant $p \equiv 4l$ (mod.n). On déduit de là

$$Z_0 = 2^8 i\sqrt{7}\,\frac{1}{\theta^8_{0,0}(0, \omega)}\,r^2\{1 + r^2(2\varepsilon - 2) - 4r^4 - r^6(2 + 6\varepsilon)$$
$$- r^8(13 + \varepsilon) - r^{10}(6 + 2\varepsilon) + r^{14}(10\varepsilon - 10) + \cdots\}$$

Ces autres racines s'en déduisent en changeant successivement r en $r\alpha^4$, $r\alpha^8$,.... Les sommes des puissances semblables sont

$$S_1 = 0$$
$$S_2 = -7^2.2^{22}q^2 + \cdots$$
$$S_3 = -i\sqrt{7}.7^2.2^{24}.3^2(25 + 29\varepsilon)q^2 + \cdots$$
$$S_4 = 7^5.2^{35}(39 + 5\varepsilon)q^2 + \cdots$$
$$S_5 = -i\sqrt{7}.7^3 2^{42}(15 + 30\varepsilon)q^2 + \cdots$$
$$S_6 = 7^4.2^{50}.3(1 - \varepsilon)q^2 + \cdots$$

Il est maintenant facile de former les valeurs des coefficients

$$a,\ b,\ d,\ f,\ l:$$

On trouve

$$l = \frac{2^{41}}{7^2}(1-\varepsilon) = \frac{2^{40}}{7^2}(5 + i\sqrt{7}),$$

et enfin

$$h = \frac{2^{51}}{7^2}(-10119 + 7925i\sqrt{7}) = -\frac{2^{52}}{7^2}(9022 + 7925\varepsilon)\cdot$$

Nous avons ainsi les valeurs de tous les coefficients qui figurent dans la réduite de l'équation du multiplicateur, et en posant

$$X = \frac{2^6 kk'}{\sqrt{7}}x$$

nous obtenons l'équation

$$\begin{aligned} x^7 - 7\Big\{ & 2x^5 + 5i(25 + 29\varepsilon)\frac{kk'}{4}x^4 \\ & + 2[12 + 8\varepsilon - (39 + 5\varepsilon)k^2k'^2]x^3 - \frac{5\sqrt{7}}{2}kk'(89 - 52k^2k'^2)x^2 \\ & - \frac{1}{16}[128(45 + 20\varepsilon) - (9022 + 7925\varepsilon)k^2k'^2 + 512(1-\varepsilon)k^4k'^4]x\Big\} \\ & - \frac{i}{4kk'}(2^{11} - 5.5865k^2k'^2 - 2^4.5.5.53k^4k'^4 + 2^8k^6k'^6) = 0, \end{aligned}$$

dont les racines sont

$$x = \frac{\sqrt{7}}{2^6 kk'}(M_\infty - M_i)(M_{1+i} - M_{3+i})(M_{2+i} - M_{6+i})(M_{4+i} - M_{5+i}),$$

i recevant les valeurs 0, 1, 2,..... 6, et les indices étant pris suivant le module 7.

DE LA RÉFRACTION

A TRAVERS LES LENTILLES SPHÉRIQUES ÉPAISSES

PAR

LE R. P. TH. DE REGNON, S. J.

Professeur à l'École Ste-Geneviève, à Paris.

M. Bertin a montré dernièrement (*), dans un travail de grande autorité, comment on pouvait aborder, par une méthode simple, la théorie de la réfraction dans les lentilles épaisses. En même temps, il a insisté, avec grande raison, sur l'utilité qu'il y aurait à introduire cette étude dans les cours d'optique élémentaire.

Mon but unique dans ce travail est de contribuer à ce progrès, en rattachant la question des lentilles épaisses à quelques théorèmes connus.

(*) *Annales de chimie et de physique.* Avril 1878.

PREMIÈRE PARTIE.

Lentille plongée tout entière dans un même milieu.

1. Soit une lentille sphérique d'indice $= n$ plongée dans un milieu d'indice $= 1$ et soit un point P placé dans ce dernier milieu, on démontre qu'il aura, par rapport à la face d'entrée dans la lentille, un foyer conjugué Π situé sur l'axe secondaire PC, et que la position de ce point sera donnée par la relation

Fig. 1.

$$\frac{n}{\pi} - \frac{1}{p} = \frac{n-1}{R},$$

en posant

$$\left\{\begin{array}{l} p = AP, \\ \pi = A\Pi, \\ R = AC. \end{array}\right.$$

Cette relation est tout à fait générale, si l'on convient de compter, à partir de A, les distances comme positives, du côté d'où vient la lumière, et comme négatives du côté opposé. Nous serons toujours fidèles à cette convention.

Le point Π fonctionnant comme un point lumineux aura, par rapport à la face de sortie, un foyer conjugué P', dont la position sera donnée par la relation

$$\frac{n}{\pi'} - \frac{1}{p'} = \frac{n-1}{R'},$$

en posant

$$\begin{cases} p' = A'P', \\ \pi' = A'\Pi \\ R' = A'C', \end{cases}$$

De l'ensemble de ces deux propositions, résulte l'existence d'un point P′ conjugué de P, par rapport à toute la lentille, et par conséquent, il suffit de chercher l'intersection de deux rayons réfractés pour avoir la position de ce point P′.

I. POINT SITUÉ SUR L'AXE PRINCIPAL.

2. ***Passage à travers la face d'entrée; transformation de la formule.***

Fig. 2.

Nous avons :

$$(1) \quad \frac{n}{\pi} - \frac{1}{p} = \frac{n-1}{R}.$$

Prenons sur l'axe principal deux points B et O, et choisissons pour variables les distances BP et OΠ.

Soit donc

$$\begin{cases} AB = b, & BP = q, \\ AO = c, & O\Pi = \varphi, \end{cases}$$

l'équation (1) devient :

$$\frac{n}{\varphi + c} - \frac{1}{q + b} = \frac{n-1}{R},$$

ou

$$\{nR - (n-1)c\}q - \{R + (n-1)b\}\varphi = (n-1)q\varphi - \{nbR - cR - (n-1)bc\}.$$

Posons maintenant :

$$\begin{aligned} nbR - cR - (n-1)bc &= 0, \\ nR - (n-1)c &= (n-1)B, \\ R + (n-1)b &= (n-1)A; \end{aligned}$$

l'équation précédente se réduit à :

$$(n-1)Bq-(n-1)A\varphi=(n-1)q\varphi,$$

ou enfin à la forme très-simple

$$(2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{B}{\varphi}-\frac{A}{q}=1.$$

La première équation de condition peut s'écrire :

$$\frac{n}{c}-\frac{1}{b}=\frac{n-1}{R}.$$

Donc pour obtenir la formule (2), il faut et il suffit que les deux origines B et O soient deux points conjugués quelconques par rapport à la face d'entrée.

Pour obtenir la valeur des deux coefficients A et B, multiplions la seconde équation de condition par b et retranchons-en la première, il vient

$$cR=(n-1)Bb.$$

De même multiplions la troisième équation par c et ajoutons-y la première, il vient

$$nbR=(n-1)Ac.$$

On a donc :

$$A=\frac{n}{n-1}\frac{b}{c}R,$$

$$B=\frac{1}{n-1}\frac{c}{b}R$$

3. *Passage à travers toute la lentille.* Le point P′ étant le conjugué du point Π par rapport à la face de sortie, nous avons

$$(3) \quad \ldots\ldots \quad \frac{n}{\pi'}-\frac{1}{p'}=\frac{n-1}{R'},$$

en posant

$$\begin{cases} A'\Pi=\pi', \\ A'P'=p'. \end{cases}$$

Soit, en outre, B′ le conjugué du point O par rapport à cette même face de sortie, nous aurons de même

$$\frac{n}{c'} - \frac{1}{b'} = \frac{n-1}{R'},$$

en posant

$$\begin{cases} A'O = c', \\ A'B' = b'. \end{cases}$$

Maintenant, pour transformer l'équation (3), choisissons pour variables les distances

$$OH = \varphi',$$
$$B'P' = q' ;$$

un calcul semblable au précédent nous amènera à la formule

$$(4) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{B'}{\varphi'} - \frac{A'}{q'} = 1,$$

dans laquelle on a :

$$A' = \frac{n}{n-1}\frac{b'}{c'}R',$$

$$B' = \frac{1}{n-1}\frac{c'}{b'}R'.$$

Enfin, multiplions (2) par B′ et (4) par B, et soustrayons la dernière de la première, il vient, en remarquant que $\varphi' = \varphi$,

$$(5) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \frac{A'B}{q'} - \frac{AB'}{q} = B' - B,$$

équation qui relie immédiatement entre eux les deux points P et P′ conjugués par rapport à toute la lentille.

Les deux points origines B et B′ sont deux conjugués par rapport à toute la lentille, B′ étant conjugué de O par rapport à la sortie, et O étant conjugué de B par rapport à l'entrée.

Si l'on fait varier la position de ce point O, les positions des points B et B′ varieront aussi ; mais toujours on aura une relation de la forme (5).

4. *Simplification de la formule.* Puisque la position du point O est indéterminée, nous pouvons introduire une condition de plus entre les quantités qui dépendent de cette position.

Mettons en évidence dans la formule (5) les valeurs des divers coefficients, il vient

$$\left\{\frac{n}{n-1}\,\frac{b'}{c'}\mathrm{R}'\times\frac{1}{n-1}\,\frac{c}{b}\mathrm{R}\right\}\frac{1}{q'}-\left\{\frac{n}{n-1}\,\frac{b}{c}\mathrm{R}\times\frac{1}{n-1}\,\frac{c'}{b'}\mathrm{R}'\right\}\frac{1}{q}$$
$$=\frac{1}{n-1}\left\{\frac{c'}{b'}\mathrm{R}'-\frac{c}{b}\mathrm{R}\right\}.$$

Posons

$$\frac{b'}{c'}\times\frac{c}{b}=1;$$

d'où

$$\frac{c}{b}=\frac{c'}{b'}=k;$$

l'équation devient

$$(6)\quad\ldots\ldots\quad\frac{1}{q'}-\frac{1}{q}=\frac{n-1}{n}k\left\{\frac{1}{\mathrm{R}}-\frac{1}{\mathrm{R}'}\right\}.$$

C'est précisément la formule des lentilles sans épaisseur, à part un coefficient $\frac{k}{n}$.

Enfin posons

$$\frac{n-1}{n}k\left\{\frac{1}{\mathrm{R}}-\frac{1}{\mathrm{R}'}\right\}=\frac{1}{f},$$

nous retrouvons la formule connue

$$(7)\quad\ldots\ldots\ldots\quad\frac{1}{q'}-\frac{1}{q}=\frac{1}{f};$$

seulement, il faut se rappeler que dans le cas des lentilles épaisses, q' et q sont comptés à partir de deux origines différentes.

5. *Détermination des origines.* Puisque le point O est conjugué du point B par rapport à l'entrée dans la lentille, on a

$$\frac{n}{c}-\frac{1}{b}=\frac{n-1}{\mathrm{R}},$$
$$n-\frac{c}{b}=\frac{n-1}{\mathrm{R}}c,$$
$$n-k=\frac{n-1}{\mathrm{R}}c.$$

De même, puisque le point B′ est conjugué du point O par rapport à la sortie, on a

$$\frac{n}{c'} - \frac{1}{b'} = \frac{n-1}{R'},$$

$$n - \frac{c'}{b'} = \frac{n-1}{R'} c',$$

$$n - k = \frac{n-1}{R'} c'.$$

Comparant ces deux valeurs de $n - k$ il vient :

$$\frac{c}{R} = \frac{c'}{R'}.$$

Donc le point O est tel que ses distances aux faces de la lentille soient respectivement proportionnelles aux rayons de courbure de ces faces; c'est-à-dire que le point O est précisément le *centre optique* de la lentille.

Il résulte de là que les points B et B′ sont ce qu'on nomme *les points nodaux*.

Les équations (6) et (7) sont donc les formules de la lentille épaisse, lorsqu'on prend pour origines ses deux points nodaux.

Reste à donner les distances de ces points aux faces, et à fixer la valeur du coeffieient k.

Or on a

$$\frac{c}{R} = \frac{c'}{R'} = \frac{c'-c}{R'-R} = \frac{A'O - AO}{R'-R}.$$

Si donc nous posons $e = AA'$ épaisseur de la lentille comptée sur l'axe principal, il en résulte

$$c = \frac{eR}{R'-R},$$

$$c' = \frac{eR'}{R'-R}.$$

D'un autre côté

$$\frac{c}{b} = \frac{c'}{b'} = k$$

fournit

$$b = \frac{c}{k}, \quad b' = \frac{c'}{k};$$

d'où

$$AB = b = \frac{eR}{k(R' - R)},$$

$$A'B' = b' = \frac{eR'}{k(R' - R)}.$$

Enfin, de l'égalité

$$n - k = \frac{n-1}{R} c,$$

on tire

$$k = \frac{n(R' - R) - (n-1)e}{R' - R}.$$

Quant à la distance mutuelle d des deux points nodaux, elle s'obtient aussi facilement

$$BB' = AB + AA' - A'B',$$

$$d = b + e - b' = e - (b' - b),$$

$$d = e\left(1 - \frac{1}{k}\right).$$

6. *Du plan réfracteur.* Réduisons la partie utile des surfaces de la lentille à deux plans perpendiculaires à l'axe principal, comme on a l'usage de le faire lorsqu'il ne s'agit que d'évaluer des distances.

Fig. 3.

Déterminons la marche entière d'un rayon émané d'un point P situé sur l'axe principal. Ce rayon demeurera constamment dans un même plan, perpendiculaire aux deux surfaces et que je prends pour plan de la figure. La marche du rayon se détermine facilement au moyen des points Π et P′ conjugués de P.

Ceci posé, prolongeons jusqu'à leurs rencontres en I les deux

directions avant l'incidence et après l'émergence du rayon considéré, et abaissons sur l'axe principal la perpendiculaire IS.

Nous avons

$$\frac{SP}{SI} = \frac{AP}{AD},$$

$$\frac{SP'}{SI} = \frac{A'P'}{A'D'};$$

d'où

$$\frac{SP'}{SP} = \frac{A'P'}{AP} \times \frac{AD}{A'D'} = \frac{A'P'}{AP} \times \frac{A\Pi}{A'\Pi}.$$

Donc

$$\frac{SP'}{SP} = \frac{p'}{p} \times \frac{\pi}{\pi'}.$$

On en conclut que la position du point S ne dépend que de la position du point P. Donc chaque rayon émané du point P a une marche telle, que sa direction incidente et sa direction émergente se coupent sur un même plan perpendiculaire à l'axe principal; tout se passe donc, à l'extérieur de la lentille, comme si les rayons émanés du point ne subissaient qu'une seule réfraction sur ce plan. Le nom de *plan réfracteur* lui convient donc parfaitement.

Pour avoir une formule algébrique qui détermine exactement sa position, posons

$$s = AS,$$

$$s' = A'S;$$

Nous aurons :

$$\frac{p' - s'}{p - s} = \frac{p'}{p} \times \frac{\pi}{\pi'};$$

les valeurs positives ou négatives de s ou de s' nous donnant la situation du plan réfracteur par rapport aux deux faces de la lentille.

7. *Du rayon sans déviation.* Pour que le rayon réfracté sorte de la lentille parallèlement au rayon incident, il faut que le plan réfracteur soit rejeté à l'infini; s et s' sont donc de même

signe et égaux à l'infini. Il en résulte que pour le rayon sans déviation, on a la relation

$$1 = \frac{p'}{p} \times \frac{\pi}{\pi'};$$

or les deux origines B et B′ satisfont à cette relation, puisqu'elles sont déterminées par la condition

$$\frac{b'}{c'} \times \frac{c}{b} = 1.$$

Donc les points origines, ou points nodaux sont les foyers conjugués des rayons sans déviation.

Tous ces rayons, avant l'incidence, passent par le point **B**; dans leur marche à travers la lentille, ils passent par le point **O**; et après leur émergence ils passent par le point B′, ces passages, bien entendu, étant ou réels ou simplement virtuels.

8. *Distances de deux points conjugués au plan réfracteur correspondant.* Nous avons trouvé en général :

$$\frac{SP'}{SP} = \frac{p'}{p} \times \frac{\pi}{\pi'};$$

or, les deux relations

$$\begin{cases} \dfrac{n}{\pi} - \dfrac{1}{p} = \dfrac{n-1}{R} \\ \dfrac{n}{c} - \dfrac{1}{b} = \dfrac{n-1}{R} \end{cases}$$

fournissent

$$\frac{n}{\pi} - \frac{n}{c} = \frac{1}{p} - \frac{1}{b}$$

$$n\frac{\pi - c}{p - b} = \frac{\pi \times c}{p \times b}.$$

De même, les deux relations

$$\begin{cases} \dfrac{n}{\pi'} - \dfrac{1}{p'} = \dfrac{n-1}{R'} \\ \dfrac{n}{c'} - \dfrac{1}{b'} = \dfrac{n-1}{R'} \end{cases}$$

fournissent

$$n\frac{\pi'-c'}{p'-b'}=\frac{\pi'\times c'}{p'\times b'}.$$

Divisant par la seconde la première de ces égalités, et remarquant que l'on a

$$\begin{cases}\pi'-c'=\pi-c=\text{O}\pi\\ p'-b'=q' \qquad p-b=q\\ \dfrac{b'}{c'}\times\dfrac{c}{b}=1,\end{cases}$$

il vient finalement

$$\frac{q'}{q}=\frac{p'}{\pi'}\times\frac{\pi}{p},$$

et par conséquent

$$\frac{\text{SP}'}{\text{SP}}=\frac{q'}{q}.$$

9. *Des plans nodaux.* Par les points nodaux, menons deux plans perpendiculaires à l'axe principal, que nous appellerons *plans nodaux*. Soit un point P sur l'axe principal, et P′ son conjugué par rapport à toute la lentille. Par P et P′ menons les directions antérieure PE et postérieure P′E′ d'un même rayon; enfin construisons le plan réfracteur SI.

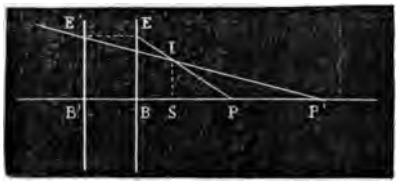


Fig. 4.

Nous avons

$$\frac{\text{BE}}{\text{SI}}=\frac{\text{BP}}{\text{SP}}$$

$$\frac{\text{B}'\text{E}'}{\text{SI}}=\frac{\text{B}'\text{P}'}{\text{SP}'},$$

d'où

$$\frac{\text{B}'\text{E}'}{\text{BE}}=\frac{\text{B}'\text{P}'}{\text{BP}}\times\frac{\text{SP}}{\text{SP}'}=\frac{q'}{q}\times\frac{q}{q'}=1.$$

Donc les deux rayons incident et émergent coupent les plans nodaux sur une même parallèle à l'axe principal.

On voit l'utilité des plans nodaux. La formule (6) fournit immédiatement la position du point P′ conjugué du point P par rapport à toute la lentille. Le point P′ connu, une construction très-simple donne la direction du rayon émergent. Il n'y a plus qu'à conduire jusqu'aux deux faces de la lentille les directions du rayon incident et du rayon émergent, pour déterminer la marche réelle du rayon total.

10. *Position des plans nodaux.* Pour calculer la position des plans nodaux par rapport à la lentille, on a les relations :

$$AB = b = \frac{eR}{k(R' - R)},$$

$$A'B' = b' = \frac{eR'}{k(R' - R)},$$

$$k = \frac{n(R' - R) - (n - 1)e}{R' - R}.$$

Nous n'entrerons pas dans une discussion générale qui serait sans intérêt. Il suffit de remarquer ici que dans les lentilles biconvexes ou biconcaves dont on se sert habituellement, les plans nodaux sont à l'intérieur de la lentille; leur petite distance permet donc dans la pratique de les confondre en un même plan, et c'est ce qui légitime les constructions ordinaires.

Si l'on supposait une lentille biconvexe telle que son épaisseur fût égale à la somme des rayons de ses surfaces, on aurait

$$k = 1.$$

Par suite, les deux plans nodaux viendraient se confondre au centre optique.

L'équation (6) deviendrait

$$\frac{1}{q'} - \frac{1}{q} = \frac{n - 1}{n}\left\{\frac{1}{R} - \frac{1}{R'}\right\}$$

les distances q et q' se comptant à partir de la même origine.

Cette lentille se comporterait donc comme une lentille sans épaisseur, ayant mêmes rayons de courbure que la lentille proposée, placée au centre optique de cette dernière, et d'un indice N tel que

$$N - 1 = \frac{n-1}{n}.$$

Ainsi une lentille formée par une sphère d'un crown d'indice $= \frac{3}{2}$ se comporterait comme une lentille sans épaisseur, de même rayon, et dont l'indice serait égal à $\frac{4}{3}$, c'est-à-dire le même que celui de l'eau.

11. *Des points doubles.* Il me reste à signaler deux points remarquables qui sont leurs propres conjugués.

Partons de la formule (7)

$$\frac{1}{q'} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f}.$$

Soit d la distance des plans nodaux; pour qu'un point P se confonde avec son conjugué, il faut que l'on ait

$$\frac{1}{q+d} - \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

ou

$$q^2 + qd + fd = 0,$$

$$q = -\frac{d}{2} \pm \sqrt{\frac{d^2}{4} - fd}.$$

Lorsque le radical est réel, ce qui a lieu pour les lentilles biconvexes ordinaires dans lesquelles on a

$$f < 0$$
$$d > 0$$

on trouve deux valeurs de q fournissant deux points D et D′ placés symétriquement par rapport au milieu des plans nodaux, et situés en dehors de ces plans. Chacun de ces points doubles est son propre conjugué.

Mais, la construction du rayon incident partant de ce point et du rayon émergent, montre qu'on n'a pas affaire à un rayon sans déviation.

II. Point lumineux situé hors de l'axe principal.

12. Nous savons déjà que ce point a un foyer conjugué. Il suffit donc, pour connaître sa position, de déterminer le point d'intersection de deux rayons.

Fig. 5.

Ceci établi, prenons pour plan de figure, le plan qui est déterminé par le point lumineux M et par l'axe principal. Abaissons sur l'axe principal la perpendiculaire ML; déterminons L' conjugué de L, et par le point L' élevons une perpendiculaire sur l'axe principal.

D'un autre côté, par le point M menons un rayon quelconque PE, déterminons P' conjugué de P et construisons le rayon émergent P'E', au moyen de la ligne EE' parallèle à l'axe principal. Ce rayon viendra couper en M' la perpendiculaire élevée au point L'.

Nous avons

$$\frac{ML}{BE} = \frac{LP}{BP}$$

$$\frac{M'L'}{B'E'} = \frac{L'P'}{B'P'}.$$

Posons

$$\begin{cases} BP = q & BL = l \\ B'P' = q' & B'L' = l' \end{cases}$$

et remarquons que $B'E' = BE$.

Il vient, en divisant la deuxième égalité par la première,

$$\frac{M'L'}{ML} = \frac{L'P'}{LP} \times \frac{BP}{B'P'} = \frac{q' - l'}{q - l} \times \frac{q}{q'}.$$

Or, P et P′ d'une part, L et L′ de l'autre, sont conjugués; par suite

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{q'} - \frac{1}{q}$$

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{q'} = \frac{1}{l} - \frac{1}{q}$$

$$\frac{q' - l'}{q - l} = \frac{q'l'}{ql}.$$

Donc finalement

$$\frac{M'L'}{ML} = \frac{l'}{l}.$$

Conséquences. 1° Donc tout rayon, émané du point A et restant dans le plan de la figure, coupe la perpendiculaire L′M′ en un même point M′.

2° Un point M situé dans l'espace hors de l'axe principal, a son conjugué à la fois dans le plan déterminé par M et l'axe principal, et dans le plan conjugué du plan mené par M perpendiculairement à l'axe principal.

3° La petite droite ML a pour image la droite M′L′ et l'on a pour le rapport des dimensions de l'image à l'objet,

$$\frac{I}{O} = \frac{l'}{l}.$$

Remarques. I. Ces conclusions ont été déduites sans s'appuyer sur le rayon sans déviation. On peut donc s'en servir pour retrouver ce rayon.

En effet, il n'y a qu'à mener BM et B′M′, pour former deux triangles rectangles, unis par la relation

$$\frac{M'L'}{ML} = \frac{B'L'}{BL}.$$

Donc B'M' est parallèle à BM, c'est-à-dire que le rayon qui passe par B et par suite par B' est un rayon sans déviation.

II. De là résultent pour la construction d'une image les méthodes connues, sauf des modifications que chacun voit sans peine.

Si l'on suppose une lentille sans épaisseur, le point d'intersection de cette lentille avec son axe principal contient pêle-mêle le centre optique, les points nodaux et les points doubles.

SECONDE PARTIE.

Lentille plongée dans deux milieux différents.

Je me contenterai d'indiquer la marche du calcul, car elle est la même que celle de la première partie. Pour faciliter la comparaison, les mêmes numéros et les mêmes figures se rapporteront aux paragraphes correspondants.

1. Soit une lentille d'indice N dont la face d'entrée limite un milieu d'indice n et la face de sortie limite un milieu d'indice n'.

On démontre qu'un point P situé dans le milieu n aura, par rapport à la face d'entrée, un foyer conjugué π sur le même axe secondaire, et dont la position sera déterminée par la relation

$$\frac{N}{\pi} - \frac{n}{p} = \frac{N - n}{R}.$$

Le point π aura, par rapport à la face de sortie, un conjugué P′ situé sur le même axe secondaire, dans une position déterminée par la relation

$$\frac{N}{\pi'} - \frac{n'}{p'} = \frac{N - n'}{R'}.$$

De l'ensemble de ces deux propositions, résulte l'existence d'un point P′ conjugué de P par rapport à toute la lentille.

I. Point situé sur l'axe principal.

2. *Passage à travers la face d'entrée. Transformation de la formule.*

Nous avons

$$(1) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{N}{\pi} - \frac{n}{p} = \frac{N - n}{R}.$$

Prenons sur l'axe principal deux points B et O, et choisissons pour variables les distances BP et OΠ.

Soient donc

$$\begin{cases} AB = b & BP = q \\ AO = c & O\Pi = \varrho \end{cases}$$

nous obtiendrons l'équation

$$(2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{B}{\varrho} - \frac{A}{q} = 1$$

dans laquelle

$$A = \frac{N}{N-n}\,\frac{b}{c}\,R$$

$$B = \frac{n}{N-n}\,\frac{c}{b}\,R$$

pourvu que l'on ait :

$$\frac{N}{c} - \frac{n}{b} = \frac{N-n}{R},$$

c'est-à-dire, pourvu que les deux points P et O soient deux conjugués quelconques par rapport à la face d'entrée.

3. *Passage à travers toute la lentille.*

Soient maintenant P′ conjugué de Π, et B′ conjugué de O par rapport à la face de sortie, on a

$$(3) \quad \ldots\ldots \quad \frac{N}{\pi'} - \frac{n'}{p'} = \frac{N-n'}{R'}.$$

Et si nous posons

$$\begin{cases} A'B' = b' & B'P' = q' \\ A'O = c' & O\Pi = \varrho' \end{cases}$$

l'équation précédente devient

$$(4) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{B'}{\varrho'} - \frac{A'}{q'} = 1,$$

dans laquelle on a

$$A' = \frac{N}{N - n'} \frac{b'}{c'} R'$$

$$B' = \frac{n'}{N - n'} \frac{c'}{b'} R'$$

ainsi que la relation

$$\frac{N}{c'} - \frac{n'}{b'} = \frac{N - n'}{R'}.$$

Des équations (2) et (4) on déduit :

$$(5) \quad \ldots\ldots \quad \frac{A'B}{q'} - \frac{AB'}{q} = B' - B,$$

équation qui relie immédiatement entre eux les deux points P et P', et dont les coefficients ne dépendent que de la position du point O.

4. *Simplification de la formule.*

Posons

$$\frac{c}{b} = \frac{c'}{b'} = k$$

l'équation (5) se réduit à

$$(6) \quad \ldots \quad \frac{1}{n'q'} - \frac{1}{nq} = \frac{k}{N}\left\{\frac{N - n}{nR} - \frac{N - n'}{n'R'}\right\}.$$

Et si nous posons

$$k\left\{\frac{N - n}{nR} - \frac{N - n'}{n'R'}\right\} = \frac{1}{F}$$

nous pouvons écrire

$$(7) \quad \ldots\ldots \quad \frac{1}{n'q'} - \frac{1}{nq} = \frac{1}{NF}.$$

On peut donner à cette équation une autre forme aussi simple. Faisons successivement q et $q' = \infty$, nous avons

$$\frac{1}{n'q'} = \frac{1}{NF} \quad q' = \frac{N}{n'} F = f'$$

$$-\frac{1}{nq} = \frac{1}{NF} \quad q = -\frac{N}{n} F = f$$

d'où résulte, en fonction des distances focales principales

$$(8) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \frac{f'}{q'} + \frac{f}{q} = 1.$$

5. *Détermination des origines.*

Des relations

$$\frac{N}{c} - \frac{n}{b} = \frac{N-n}{R}$$

$$\frac{N}{c'} - \frac{n'}{b'} = \frac{N-n'}{R'}$$

$$\frac{c}{b} = \frac{c'}{b'} = k$$

on déduit :

$$N - nk = \frac{N-n}{R} c$$

$$N - n'k = \frac{N-n'}{R'} c'.$$

D'ailleurs, $c' - c = e =$ épaisseur de la lentille. Ces trois relations permettront de déterminer les valeurs de c, c' et k.

Enfin, pour la position des points origines B et B'

$$\begin{cases} b = \dfrac{c}{k} \\ b' = \dfrac{c'}{k} \end{cases}$$

et pour la distance de ces deux points

$$d = e\left(1 - \frac{1}{k}\right).$$

6. *Du plan réfracteur.* Pour chaque point P, il existe un plan réfracteur dont la position est donnée par la relation

$$\frac{SP'}{SP} = \frac{p'}{p} \times \frac{\pi}{\pi'},$$

ou en posant : $s = AS$, $s' = A'S$

$$\frac{p'-s'}{p-s} = \frac{p'}{p} \times \frac{\pi}{\pi'}.$$

7. *Du rayon sans déviation.* Ce rayon correspond à la relation

$$1 = \frac{p'}{p} \times \frac{\pi}{\pi'};$$

or on a

$$1 = \frac{b'}{c'} \times \frac{c}{b}$$

donc les points origines B et B' sont *points nodaux* et le point O est *centre optique*, c'est-à-dire que par ces trois points passent constamment les directions extérieures et la direction intérieure des rayons sans déviation.

8. *Distances de deux points conjugués au plan réfracteur correspondant.*

En suivant exactement la même marche que dans la première partie, on arrive à la relation

$$\frac{SP'}{SP} = \frac{n'q'}{nq}.$$

9. *Des plans nodaux.* Par les points nodaux, menons deux plans perpendiculaires à l'axe principal, que nous appellerons *plans nodaux.* Par un point P et son conjugué P', menons les directions antérieure PE et postérieure P'E' d'un même rayon; enfin construisons le plan réfracteur SI.

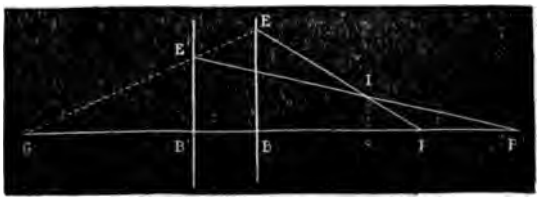


Fig. 6.

En suivant la même marche que dans la première partie, on trouvera :

$$\frac{B'E'}{BE} = \frac{B'P'}{BP} \times \frac{SP}{SP'} = \frac{q'}{q} \times \frac{nq}{n'q'} = \frac{n}{n'}.$$

De là un mode de construction du rayon assez facile :

Déterminer sur l'axe principal un point G, tel que

$$\frac{GB'}{GB} = \frac{n}{n'},$$

mener un rayon PE, joindre GE et enfin mener P'E'.

10-11. La position des points nodaux est déterminée par les valeurs de *b. c. k.*

On reconnaîtrait facilement l'existence de points doubles.

II. Point lumineux situé hors de l'axe principal.

12. En se reportant à la figure du même numéro dans la première partie, on en déduit

$$\frac{ML}{BE} = \frac{LP}{BP}$$

$$\frac{M'L'}{B'E'} = \frac{L'P'}{B'P'}.$$

D'ailleurs

$$\left\{\begin{array}{ll} BP = q & BL = l \\ B'P' = q' & B'L' = l' \\ \multicolumn{2}{c}{\dfrac{B'E'}{BE} = \dfrac{n}{n'},} \end{array}\right.$$

on a donc :

$$\frac{M'L'}{ML} \times \frac{BE}{B'E'} = \frac{L'P'}{LP} \times \frac{BP}{B'P'}$$

$$\frac{M'L'}{ML} \times \frac{n'}{n} = \frac{q'-l'}{q-l} \times \frac{q}{q'}.$$

mais d'ailleurs :

$$\frac{1}{n'l'} - \frac{1}{nl} = \frac{1}{n'q'} - \frac{1}{nq}$$

$$\frac{1}{n'}\left\{\frac{1}{l'} - \frac{1}{q'}\right\} = \frac{1}{n}\left\{\frac{1}{l} - \frac{1}{q}\right\}$$

$$\frac{q'-l'}{q-l} = \frac{n'}{n} \cdot \frac{q'l'}{ql}.$$

Donc finalement

$$\frac{M'L'}{ML} = \frac{l'}{l}.$$

Conséquences. M′ est le foyer conjugué de M pour les rayons situés dans le plan de la figure, et par suite pour tout le faisceau émané de M.

La petite droite ML a pour conjuguée la droite M′L′ et l'on a encore

$$\frac{I}{O} = \frac{l'}{l}.$$

Enfin les deux triangles MBL et M′B′L′ montrent que les directions M′B′ et MB sont parallèles, et appartiennent au rayon sans déviation.

De là résulte une construction facile de l'image.

13. *Des plans principaux.* Prenons sur la direction incidente et la direction émergente d'un même rayon deux points T et T′ à une distance égale de l'axe principal. Abaissons les perpendiculaires TR et T′R′

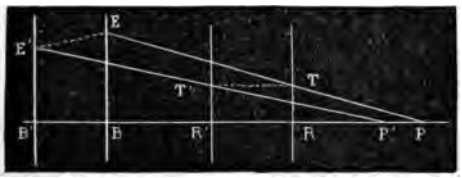


Fig. 7.

nous avons

$$\frac{TR}{RP} = \frac{BE}{BP}$$

$$\frac{T'R'}{R'P'} = \frac{B'E'}{B'P'}.$$

Posons

$$BR = r \quad B'R' = r'$$

et rappelons-nous que $TR = T'R'$ par hypothèse ; il vient

$$\frac{R'P'}{RP} = \frac{B'P'}{BP} \times \frac{BE}{B'E'}$$

ou

$$\frac{q' - r'}{q - r} = \frac{n'q'}{nq}$$

ou

$$(n - n')\,qq' = nqr' - n'q'r$$

qui peut s'écrire enfin :

$$\frac{n - n'}{nn'} = \frac{r'}{n'q'} - \frac{r}{nq}.$$

Or, si l'on choisit les points T et T' tels que $TT' = BB'$ (ce qui est toujours possible), on a

$$r' = r$$

d'où

$$r\left\{\frac{1}{n'q'} - \frac{1}{nq}\right\} = \frac{n - n'}{nn'}$$

$$r \times \frac{1}{NF} = \frac{n - n'}{nn'}$$

$$r = \frac{n - n'}{nn'}\,NF$$

quantité indépendante de q et q'.

Conséquences. 1° Il existe deux plans perpendiculaires à l'axe principal, tels que les directions incidente et émergente d'un même rayon émané d'un point quelconque de l'axe principal coupent ces plans à une même distance de cet axe. Ce sont les *plans principaux*.

2° Leur distance mutuelle est égale à celle des plans nodaux. Leurs intersections par l'axe principal sont deux points conjugués ; car en remplaçant par r les lettres q et q' dans la formule (7), on tombe sur une identité.

3° Prenons pour origines les pieds des plans principaux et posons

$$q = x + r, \quad q' = x' + r,$$

l'équation des lentilles peut se mettre sous la forme

$$\frac{n'}{x'} - \frac{n}{x} = \frac{nn'}{\mathrm{NF}}.$$

Si nous faisons successivement x et x' égaux à l'infini pour déterminer les distances focales principales, d'où

$$\frac{n'}{f'} = \frac{nn'}{\mathrm{NF}}, \quad -\frac{n}{f} = \frac{nn'}{\mathrm{NF}},$$

nous aurons cette autre forme

$$\frac{f'}{x'} + \frac{f}{x} = 1.$$

4° Lorsqu'on suppose $n' = n$, les plans principaux viennent se confondre avec les plans nodaux.

14. Enfin, voyons ce que deviennent les résultats précédents dans le cas d'une lentille sans épaisseur.

Nous avons toujours la formule (7)

$$\frac{1}{n'q'} - \frac{1}{nq} = \frac{1}{\mathrm{NF}},$$

F étant déterminé par la relation

$$k\left\{\frac{\mathrm{N} - n}{n\mathrm{R}} - \frac{\mathrm{N} - n'}{n'\mathrm{R}'}\right\} = \frac{1}{\mathrm{F}}$$

Les origines sont déterminées en général par les relations

$$\mathrm{N} - nk = \frac{\mathrm{N} - n}{\mathrm{R}} c$$

$$\mathrm{N} - n'k = \frac{\mathrm{N} - n'}{\mathrm{R}'} c'$$

$$b = \frac{c}{k} \quad b' = \frac{c'}{k},$$

mais $c' - c = e$ donne ici $c = c'$, d'où on conclut $b' = b$.

Donc, si les points A et A′ se confondent, les deux points nodaux B et B′ se confondent aussi en un même point B_1, tel que $AB_1 = b$.

Le point O, déterminé par $AO = c$ est distinct, puisque en général k diffère de l'unité.

Il résulte de là que le rayon sans déviation passera par le point B_1, après avoir subi dans la lentille deux brisements virtuels.

La position du point B_1 peut se déterminer comme il suit :

Nous avons d'abord

$$\frac{N}{n} - k = \frac{N - n}{nR} c$$

$$\frac{N}{n'} - k = \frac{N - n'}{n'R'} c$$

d'où

$$c\left(\frac{N - n}{nR} - \frac{N - n'}{n'R'}\right) = \frac{N}{n} - \frac{N}{n'}.$$

D'ailleurs

$$k\left(\frac{N - n}{nR} - \frac{N - n'}{n'R'}\right) = \frac{1}{F}.$$

Donc

$$b = \frac{c}{k} = \frac{n' - n}{nn'} NF.$$

Si par le point B_1 on mène le plan nodal, les directions incidente et émergente d'un même rayon couperont ce plan en deux points différents E et E′, telles que

$$\frac{B_1E}{B_1E'} = \frac{n'}{n}.$$

De même les plans principaux se réduisent à un seul, et les deux directions doivent s'y couper en un même point. Mais la distance de ce plan unique au point B_1 étant donnée par

$$r = \frac{n - n'}{nn'} NF = -b,$$

il se confondra avec la lentille.

Enfin les deux points doubles seront situés l'un au point B_1, l'autre à l'intersection de la lentille et de l'axe principal.

DE
LA SIMILITUDE EN THERMOLOGIE

PAR

J.-N. HATON DE LA GOUPILLIÈRE.

1. On appelle phénomènes semblables dans un ordre quelconque de faits, ceux pour lesquels tous les éléments, quelle que soit leur nature, se correspondent deux à deux en restant proportionnels. Les rapports fixes de similitude sont du reste spéciaux à chaque nature distincte d'éléments, et auront ordinairement des valeurs différentes. Mais il s'en faut de beaucoup en général que ces divers rapports puissent être tous assignés au hasard et indépendamment les uns des autres.

En géométrie, par exemple, on rencontre : des angles, des longueurs, des surfaces, et des volumes. Et si α, λ, σ, υ, désignent les rapports de similitude des éléments de ces divers genres, les théories connues établissent que l'on a de toute nécessité :

$$\alpha = 1, \quad \sigma = \lambda^2, \quad \upsilon = \lambda^3.$$

L'un des rapports, celui des angles, est donc déterminé et toujours égal à l'unité. De plus, parmi les trois autres, un seul reste arbitraire. Par conséquent, de même qu'il serait impossible de construire une figure qui présentât partout des angles doubles de tous les angles homologues de l'autre; de même il serait chimérique de chercher à réaliser à la fois, par exemple : des longueurs doubles, des surfaces triples et des volumes quadruples. Par cela seul qu'on aurait pris soin de reproduire des dimensions doubles sans songer ni aux surfaces ni aux volumes, les premières se trouveraient nécessairement quadruples et ceux-ci huit fois plus grands, quoi que l'on pût entreprendre pour s'y opposer.

En substituant ces valeurs, et tenant compte de la première équation, il reste :

$$\frac{\tau}{\lambda^2} = \frac{\gamma\mu\tau}{\lambda^3\chi\theta},$$

ou en simplifiant :

(1) . . . . . $\lambda\chi\theta = \gamma\mu.$

Quant à l'équation à la surface, on peut l'écrire de la manière suivante :

$$ma^2\frac{dV}{dx} + nb^2\frac{dV}{dy} + pc^2\frac{dV}{dz} + \frac{e}{q}V = o.$$

On aura de même pour le second problème

$$ma^2\frac{dV'}{dx'} + nb^2\frac{dV'}{dy'} + pc^2\frac{dV'}{dz'} + \frac{e'}{q'}V' = o;$$

avec les relations

$$dx' = \lambda dx, \quad dy' = \lambda dy, \quad dz' = \lambda dz;$$
$$V' = \tau V; \quad e' = \varepsilon e; \quad q' = \chi q.$$

Il en résulte :

$$\frac{\tau}{\lambda} = \frac{\varepsilon\tau}{\chi},$$

et en réduisant :

(2) . . . . . $\chi = \varepsilon\lambda.$

Les sept rapports de similitude des phénomènes thermiques λ, θ, μ, τ, γ, χ, ε, sont donc nécessairement liés les uns aux autres par les deux conditions (1) et (2). Il ne restera par suite à choisir arbitrairement que cinq seulement de ces rapports, à savoir celui τ des températures qui ne figure pas dans ces relations et quatre autres à volonté.

4. Supposons, par exemple, deux corps semblables formés d'une substance identique, mais enduits différemment à la surface. La matière étant la même ou ne change rien à la chaleur spécifique Γ, à la conductibilité q, à la densité D :

$$\gamma = 1, \quad \chi = 1, \quad \frac{\lambda^3}{\mu} = 1.$$

ordre, est appelée équation à la surface, et s'applique seulement aux points de la superficie de ce corps pour exprimer la loi particulière des flux qui la traversent.

On voit figurer dans ces relations les grandeurs suivantes. D'abord les dimensions géométriques et les temps dont les rapports de similitude continueront à être désignés par λ et θ. En second lieu les densités D qui auront pour rapport de similitude avec les notations précédentes $\frac{\mu}{\lambda^3}$. En outre, comme quantités nouvelles : la température V (rapport de similitude τ), la chaleur spécifique Γ (rapport γ), la conductibilité q (rapport χ), le pouvoir émissif e de la surface (rapport ε). Nous avons enfin, outre la conductibilité *absolue* q que l'on suppose devenir χ fois plus grande dans le nouveau milieu, à tenir compte de la variabilité de cette faculté dans les diverses directions autour d'un point quelconque. On sait que cette variation est régie par la figure de l'ellipsoïde de conductibilité. Or, comme avant tout nous devons supposer la similitude dans l'ordre géométrique, il nous faut supposer que cet ellipsoïde reste le même (comme rapports d'axes, car sa grandeur absolue est sans influence). Nous conserverons donc dans les deux questions les mêmes axes a, b, c. Quant aux cosinus m, n, p, qui caractérisent la direction envisagée, ils resteront aussi les mêmes, puisque la similitude géométrique exige l'égalité des angles homologues.

3. Avec ces notations, la température se détermine en fonction des coordonnées x, y, z et du temps t, par l'équation différentielle partielle du second ordre :

$$a^2 \frac{d^2V}{dx^2} + b^2 \frac{d^2V}{dy^2} + c^2 \frac{d^2V}{dz^2} = \frac{\Gamma D}{q} \frac{dV}{dt}.$$

On aura de même dans le second phénomène :

$$a^2 \frac{d^2V'}{dx'^2} + b^2 \frac{d^2V'}{dy'^2} + c^2 \frac{d^2V'}{dz'^2} = \frac{\Gamma' D'}{q'} \frac{dV'}{dt'}$$

avec les relations :

$$V' = \tau V; \quad dx' = \lambda dx, \quad dy' = \lambda dy, \quad dz' = \lambda dz;$$

$$\Gamma' = \gamma \Gamma; \quad D' = \frac{\mu}{\lambda^3} D; \quad q' = \chi q; \quad dt' = \theta dt.$$

En substituant ces valeurs, et tenant compte de la première équation, il reste :

$$\frac{\tau}{\lambda^2} = \frac{\gamma\mu\tau}{\lambda^3\chi\theta},$$

ou en simplifiant :

(1) . . . . . $\lambda\chi\theta = \gamma\mu.$

Quant à l'équation à la surface, on peut l'écrire de la manière suivante :

$$ma^2\frac{dV}{dx} + nb^2\frac{dV}{dy} + pc^2\frac{dV}{dz} + \frac{e}{q}V = o.$$

On aura de même pour le second problème

$$ma^2\frac{dV'}{dx'} + nb^2\frac{dV'}{dy'} + pc^2\frac{dV'}{dz'} + \frac{e'}{q'}V' = o;$$

avec les relations

$$dx' = \lambda dx, \quad dy' = \lambda dy, \quad dz' = \lambda dz;$$
$$V' = \tau V; \quad e' = \varepsilon e; \quad q' = \chi q.$$

Il en résulte :

$$\frac{\tau}{\lambda} = \frac{\varepsilon\tau}{\chi},$$

et en réduisant :

(2) . . . . . $\chi = \varepsilon\lambda.$

Les sept rapports de similitude des phénomènes thermiques λ, θ, μ, τ, γ, χ, ε, sont donc nécessairement liés les uns aux autres par les deux conditions (1) et (2). Il ne restera par suite à choisir arbitrairement que cinq seulement de ces rapports, à savoir celui τ des températures qui ne figure pas dans ces relations et quatre autres à volonté.

4. Supposons, par exemple, deux corps semblables formés d'une substance identique, mais enduits différemment à la surface. La matière étant la même ou ne change rien à la chaleur spécifique Γ, à la conductibilité q, à la densité D :

$$\gamma = 1, \quad \chi = 1, \quad \frac{\lambda^3}{\mu} = 1.$$

Dès lors les équations (1) et (2) deviennent :

$$\theta = \lambda^2, \quad \varepsilon = \frac{1}{\lambda}.$$

Ainsi donc pour assurer dans ce cas la similitude, il faut que le nouvel enduit soit tel que les pouvoirs émissifs varient en raison inverse des dimensions; et on devra, en outre, comparer les états séparés par des intervalles de temps qui soient entre eux comme le carré des dimensions. Pour un corps deux fois plus gros en diamètre, il faudra donc un pouvoir émissif moitié moindre, et le refroidissement marchera alors quatre fois plus lentement.

Comme second exemple, supposons deux corps de forme identique, enduits de la même manière et dont on veut que les états homologues se développent simultanément. Nous ferons d'après cela

$$\lambda = 1, \quad \varepsilon = 1, \quad \theta = 1.$$

L'équation (2) donne alors

$$\chi = 1,$$

et par suite la formule (1) :

$$\gamma = \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda^3}{\mu}.$$

Il faudra donc employer des substances ayant la même conductibilité et des chaleurs spécifiques en raison inverse de leurs densités.

On pourra ainsi varier les éléments de la question d'un très grand nombre de manières et soumettre les plus simples au contrôle de l'expérience.

5. On traite à part en thermologie une question importante appelée problème de la barre. Sa solution diffère du mode général en ce qu'une des dimensions devenant tout à fait prépondérante à l'égard des deux autres, on peut éviter l'emploi des différentielles partielles relatives aux trois coordonnées et déterminer la température par l'équation spéciale :

$$\frac{d^2V}{dx^2} = \frac{\Gamma D}{q}\frac{dV}{dt} + \frac{Pe}{Sq}V,$$

en appelant P le périmètre et S l'aire de la section de la barre. Malgré la forme différente de cette analyse, on peut considérer

comme à peu près évident que, la nature des phénomènes n'ayant pas changé, il doit encore être soumis aux relations (1) et (2). Cependant il ne sera pas inutile de s'en assurer avec rigueur.

On aura pour cela dans le phénomène semblable

$$\frac{d^2V'}{dx'^2} = \frac{\Gamma'D'}{q'}\frac{dV'}{dt'} + \frac{P'e'}{S'q'}V',$$

avec les relations :

$$V' = \tau V, \quad dx' = \lambda dx, \quad \Gamma' = \gamma\Gamma, \quad D' = \frac{\lambda^3}{\mu}D,$$
$$q' = \chi q, \quad dt' = \theta dt, \quad P' = \lambda P, \quad S' = \lambda^2 S;$$

ce qui donnera

$$\frac{\tau}{\lambda^2}\cdot\frac{d^2V}{dx^2} = \frac{\gamma\mu\tau}{\lambda^3\chi\theta}\cdot\frac{\Gamma D}{q}\cdot\frac{dV}{dt} + \frac{\lambda\varepsilon\tau}{\lambda^2\chi}\cdot\frac{Pe}{Sq}\cdot V.$$

En supprimant le facteur $\frac{\tau}{\lambda^2}$ et retranchant de la première équation il reste :

$$\left(1 - \frac{\gamma\mu}{\lambda\chi\theta}\right)\cdot\frac{\Gamma D}{q}\cdot\frac{dV}{dt} + \left(1 - \frac{\lambda\varepsilon}{\chi}\right)\cdot\frac{Pe}{Sq}\cdot V = 0.$$

Mais comme V et $\frac{dV}{dt}$ doivent rester arbitraires et qu'aucun des deux facteurs $\frac{\Gamma D}{q}$ et $\frac{Pe}{Sq}$ ne peut être annulé, il nous faut égaler à zéro chacune des deux parenthèses, ce qui reproduit les conditions (1) et (2).

6. Il existe, au contraire, toute une classe de phénomènes pour lesquels les conclusions seront modifiées. Ce sont ceux que l'on désigne sous le nom d'états d'équilibre de température. Dans ce cas V ne dépend plus du temps, $\frac{dV}{dt}$ s'annule, et l'équation du second ordre se réduisant à la forme

$$a^2\frac{d^2V}{dx^2} + b^2\frac{d^2V}{dy^2} + c^2\frac{d^2V}{dz^2} = 0$$

devient homogène et n'impose plus aux rapports de similitude la restriction (1). Quant à l'équation à la surface, elle subsiste avec la condition (2) qui en est la conséquence.

SUR

UNE

PROPRIÉTÉ DES SURFACES DU SECOND DEGRÉ

DANS LA

THÉORIE DE L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE

PAR

Le P. Jos. DELSAULX,

PROFESSEUR AU COLLÉGE DE LA COMPAGNIE DE JÉSUS
A LOUVAIN.

Présenté à la Société scientifique de Bruxelles le 30 janvier 1879.

---

1. Quand on charge d'électricité un corps conducteur isolé, le fluide se répand à la surface et y détermine par son accumulation une densité qui varie généralement d'un point à l'autre.

L'équilibre électrique, obtenu dans ces conditions, est caractérisé par cette propriété, que la résultante de toutes les actions exercées par les éléments de la surface sur un point intérieur est nulle pour toutes les positions de ce point.

L'ellipsoïde offre, en outre, ceci de particulier : dans la formation de la résultante, les actions élémentaires de la surface se détruisent deux à deux; la densité électrique y est de plus proportionnelle en chaque point à la perpendiculaire abaissée du centre sur le plan tangent à la surface en ce point. Je me propose de montrer dans cette note que la première de ces deux propriétés de l'ellipsoïde appartient exclusivement aux surfaces du second degré, en ce sens qu'elle ne se trouve réalisée dans aucune autre surface convexe. Quant à la seconde, je ferai voir

qu'elle est un cas particulier d'une loi plus générale de ces mêmes surfaces. Je chercherai ensuite l'expression de la tension électrique sur les surfaces du second degré ayant un centre; cela me conduira à une rectification de principe assez importante dans la théorie de l'électricité.

2. A l'intérieur d'une surface S que nous supposerons d'abord fermée et convexe, considérons un point O et une droite passant par ce point.

Les intersections de cette droite avec la surface seront désignées par les notations (x, y, z) et (ξ, η, ζ); les éléments de surface correspondant aux deux extrémités de la droite par ds et $d\sigma$; les densités électriques des éléments par m et μ.

Nous désignerons, en outre, les distances des extrémités de la droite au point O par r et ρ; les angles que la même droite fait avec les parties intérieures des normales à la surface en ds et $d\sigma$, par v et υ.

Enfin, nous regarderons les éléments de surface ds et $d\sigma$ comme les bases obliques des deux nappes d'une petite surface conique, ayant son sommet en O; et nous appellerons $d\omega$, la portion de surface que chacune de ces nappes découpe dans la surface sphérique, dont le centre coïncide avec le point O et dont le rayon est égal à l'unité de longueur.

Conformément à ces notations, on a

$$ds \cos v = r^2 d\omega \quad \text{et} \quad d\sigma \cos \upsilon = \rho^2 d\omega \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Pour être égales, les actions opposées que les charges électriques mds et $\mu d\sigma$ exercent sur le point O doivent satisfaire à la relation

$$\frac{mds}{r^2} = \frac{\mu d\sigma}{\rho^2},$$

et, par suite, à l'égalité

$$\frac{m}{\cos v} = \frac{\mu}{\cos \upsilon}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

attendu les équations (1).

L'équation de la surface S étant $F(x, y, z) = 0$, si l'on adopte

pour les deux points (x, y, z), (ξ, η, ζ), les notations suivantes :

$$l^2 = (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2$$

$$D^2 = \left(\frac{dF}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dF}{dy}\right)^2 + \left(\frac{dF}{dz}\right)^2 \quad \text{et} \quad \Delta^2 = \left(\frac{dF}{d\xi}\right)^2 + \left(\frac{dF}{d\eta}\right)^2 + \left(\frac{dF}{d\zeta}\right)^2,$$

on a, comme on sait,

$$\cos v = \frac{(x-\xi)\frac{dF}{dx} + (y-\eta)\frac{dF}{dy} + (z-\zeta)\frac{dF}{dz}}{lD}$$

$$\cos v = \frac{(\xi-x)\frac{dF}{d\xi} + (\eta-y)\frac{dF}{d\eta} + (\zeta-z)\frac{dF}{d\zeta}}{l\Delta}.$$

D'autre part, on a aussi évidemment

$$m = \varphi(x, y, z) \quad \text{et} \quad \mu = \varphi(\xi, \eta, \zeta)$$

la fonction φ représentant l'expression générale de la densité électrique sur la surface.

Conséquemment, on peut écrire la relation (2) sous la forme

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{\mu\Delta}\left[(\xi-x)\frac{dF}{d\xi} + (\eta-y)\frac{dF}{d\eta} + (\zeta-z)\frac{dF}{d\zeta}\right] \\ &= \frac{1}{mD}\left[(x-\xi)\frac{dF}{dx} + (y-\eta)\frac{dF}{dy} + (z-\zeta)\frac{dF}{dz}\right] \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (3)$$

Cette égalité, étendue à deux éléments choisis arbitrairement sur la surface S, est la condition nécessaire et suffisante pour que les actions élémentaires de cette surface, sur un point intérieur, se détruisent deux à deux, quelque position que l'on donne au point.

3. Il est facile de faire voir que la relation (3) ne peut être vérifiée que par les surfaces algébriques du second degré.

Car en posant

$$\left.\begin{aligned} &\mathcal{L} = \frac{1}{\mu\Delta}\frac{dF}{d\xi}, \quad \mathcal{M} = \frac{1}{\mu\Delta}\frac{dF}{d\eta}, \quad \mathcal{N} = \frac{1}{\mu\Delta}\frac{dF}{d\zeta}, \\ &L = \frac{1}{mD}\frac{dF}{dx}, \quad M = \frac{1}{mD}\frac{dF}{dy}, \quad N = \frac{1}{mD}\frac{dF}{dz}, \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (4)$$

$$G = \frac{1}{mD}\left(x\frac{dF}{dx} + y\frac{dF}{dy} + z\frac{dF}{dz}\right),$$

la relation (3) devient

$$(\xi - x)\mathcal{L} + (\eta - y)\mathcal{M} + (\zeta - z)\mathcal{N} + L\xi + M\eta + N\zeta = G. \quad (5).$$

Comme dans cette équation, $\mathcal{L}$, $\mathcal{M}$, $\mathcal{N}$ ne dépendent que de (ξ, η, ζ) et L, M, N, G de (x, y, z), si l'on remplace ce dernier point par un autre (x', y', z'), on aura de même

$$(\xi - x')\mathcal{L} + (\eta - y')\mathcal{M} + (\zeta - z')\mathcal{N} + L'\xi + M'\eta + N'\zeta = G'.$$

En retranchant membre à membre ces deux dernières égalités, on obtient

$$\left.\begin{aligned} &(x - x')\mathcal{L} + (y - y')\mathcal{M} + (z - z')\mathcal{N} \\ &= (L - L')\xi + (M - M')\eta + (N - N')\zeta + G' - G. \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Pour deux autres points (x'', y'', z'') (x''', y''', z'''), on aurait de même les relations

$$\left.\begin{aligned} &(x - x'')\mathcal{L} + (y - y'')\mathcal{M} + (z - z'')\mathcal{N} \\ &= (L - L'')\xi + (M - M'')\eta + (N - N'')\zeta + G'' - G \\ &(x - x''')\mathcal{L} + (y - y''')\mathcal{M} + (z - z''')\mathcal{N} \\ &= (L - L''')\xi + (M - M''')\eta + (N - N''')\zeta + G''' - G \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Or, la résolution du système des équations (6) et (7) conduit nécessairement, pour $\mathcal{L}$, $\mathcal{M}$, $\mathcal{N}$, à des valeurs du premier degré en ξ, η, ζ de la forme

$$\left.\begin{aligned} \mathcal{L} &= m'\xi + n'\eta + q'\zeta + s' \\ \mathcal{M} &= m''\xi + n''\eta + q''\zeta + s'' \\ \mathcal{N} &= m'''\xi + n'''\eta + q'''\zeta + s''' \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (8)$$

où les quantités m', m'', m''', n', n'', n''', q', q'', q''', s', s'', s''', sont des constantes par rapport à ξ, η, ζ.

Si on substitue les valeurs (8) dans l'équation (5), celle-ci devient

$$(\xi - x)(m'\xi + n'\eta + q'\zeta + s') + (\eta - y)(m''\xi + n''\eta + q''\zeta + s''$$
$$+ (\zeta - z)(m'''\xi + n'''\eta + q'''\zeta + s''') + L\xi + M\eta + N\zeta = G.$$

Cette dernière équation est du second degré; elle exprime une relation constante à laquelle les coordonnées variables ξ, η, ζ de la surface S sont tenues de satisfaire. Il faut en conclure que l'équation $F(\xi, \eta, \zeta) = 0$ de cette surface est bien réellement, comme nous l'avions annoncé, une équation algébrique du second degré.

4. La loi de variation de la densité électrique sur les surfaces du second degré, ressort immédiatement des équations qui précèdent.

En effet, $F(\xi, \eta, \zeta)$ étant une fonction du second degré, par rapport à ξ, η, ζ, les dérivées $\frac{dF}{d\xi}$, $\frac{dF}{d\eta}$, $\frac{dF}{d\zeta}$, sont, par cela même, des fonctions algébriques du premier degré.

Or, les équations (4) et (8) donnent

$$\frac{dF}{d\xi} = \mu\Delta(m'\xi + n'\eta + q'\zeta + s')$$

$$\frac{dF}{d\eta} = \mu\Delta(m''\xi + n''\eta + q''\zeta + s'')$$

$$\frac{dF}{d\zeta} = \mu\Delta(m'''\xi + n'''\eta + q'''\zeta + s''').$$

Ces résultats exigent que l'on ait

$$\mu\Delta = K$$

K désignant une constante.

En remplaçant Δ par sa valeur dans cette dernière relation, on a

$$\mu = \varphi(\xi, \eta, \zeta) = \frac{K}{\sqrt{\left(\frac{dF}{d\xi}\right)^2 + \left(\frac{dF}{d\eta}\right)^2 + \left(\frac{dF}{d\zeta}\right)^2}}.$$

Cette expression montre que sur les surfaces du second degré, la densité électrique est, en chaque point, inversement proportionnelle au paramètre différentiel du premier ordre de la surface.

Les surfaces du second degré à centre ont pour équation,

$$A\xi^2 + A'\eta^2 + A''\zeta^2 = H;$$

on a alors,

$$\frac{dF}{d\xi} = 2A\xi, \quad \frac{dF}{d\eta} = 2A'\eta, \quad \frac{dF}{d\zeta} = 2A''\zeta,$$

$$\Delta = 2\sqrt{A^2\xi^2 + A'^2\eta + A''^2\zeta^2}.$$

D'un autre côté, la perpendiculaire abaissée du centre sur le plan tangent à la surface, au point (ξ, η, ζ), a pour expression

$$\Pi = \frac{\xi \dfrac{dF}{d\xi} + \eta \dfrac{dF}{d\eta} + \zeta \dfrac{dF}{d\zeta}}{\Delta}$$

ou

$$\Pi = \frac{H}{\sqrt{A^2\xi^2 + A'^2\eta^2 + A''^2\zeta^2}}.$$

Sur les surfaces à centre, la densité électrique est donc, en chaque point, proportionnelle à la perpendiculaire Π.

5. Le raisonnement par lequel nous avons fait voir que la relation (3) ne convient qu'aux surfaces du second degré démontre aussi, comme il est aisé de s'en convaincre, le théorème général suivant (*).

Lorsqu'entre deux points quelconques (x, y, z), (ξ, η, ζ), d'une surface $F(\xi, \eta, \zeta) = 0$, on a la relation symétrique

$$\begin{aligned}&(\xi - x) f(\xi, \eta, \zeta) + (\eta - y) f_1(\xi, \eta, \zeta) + (\zeta - z) f_2(\xi, \eta, \zeta)\\ &= (x - \xi) f(x, y, z) + (y - \eta) f_1(x, y, z) + (z - \zeta) f_2(x, y, z),\end{aligned}$$

f, f_1, f_2 étant des fonctions inconnues, cette surface ne peut être qu'une surface algébrique du second degré, et les fonctions f, f_1, f_2 des expressions algébriques du premier degré.

Par exemple, si l'on devait avoir, entre deux points quelconques d'une surface, la relation

$$\begin{aligned}&(\xi - x)\frac{d^2F}{d\xi^2}\varphi(\xi,\eta,\zeta) + (y - y)\frac{d^2F}{d\eta^2}\varphi_1(\xi,\eta,\zeta) + (\zeta - z)\frac{d^2F}{d\zeta^2}\varphi_2(\xi,\eta,\zeta)\\ &= (x - \xi)\frac{d^2F}{dx^2}\varphi(x,y,z) + (y - \eta)\frac{d^2F}{dy^2}\varphi_1(x,y,z) + (z - \zeta)\frac{d^2F}{dz^2}\varphi_2(x,y,z),\end{aligned}$$

(*) Cette généralisation m'a été signalée par M. Gilbert.

il faudrait que les dérivées $\frac{d^2F}{dx^2}, \frac{d^2F}{d\xi^2}, \ldots$ etc., fussent des constantes, et les fonctions φ, φ_1, φ_2 des polynômes algébriques du premier degré.

6. Au moyen de la relation (2), on peut déterminer très facilement l'intensité de la pression électrique sur un élément ds, d'une surface ellipsoïdale. Au point de vue pratique, c'est la seule détermination qui présente de l'intérêt.

En représentant par u la distance d'un élément de la surface à l'élément fixe ds et en conservant les notations adoptées précédemment, la pression Pds est donnée par l'équation

$$P = m \int \frac{\mu d\sigma}{u^2} \cos v$$

dans laquelle l'intégration doit être étendue à toute la surface.

Par la relation (2), cette équation devient

$$P = m^2 \int \frac{d\sigma \cos v}{u^2} = m^2 \int d\omega,$$

$d\omega$ étant un élément de surface sphérique ayant un point quelconque de ds pour centre.

En effectuant l'intégration, on a donc

$$P = 2\pi m^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Comme on le voit, ce résultat n'est, pour l'ellipsoïde, que la loi de Poisson relative à la proportionnalité de la pression électrique, en un point d'une surface, au carré de la densité du fluide en ce point. Mais ce qui est digne d'attention, c'est que ce même résultat donne, à la pression électrique, la valeur adoptée par W. Thomson, et nullement la valeur $4\pi m^2$ adoptée par presque tous les physiciens.

Nous pensons que la valeur (9) est la vraie expression de la pression du fluide en un point d'une surface ellipsoïdale électrisée, alors que celle-ci est isolée.

On peut même étendre cette remarque à une surface conductrice quelconque, faisant partie d'un système électrisé et consti-

tuant, par conséquent, une surface de niveau. V étant le potentiel du système, n la normale à l'élément ds de la surface, on a

$$\frac{dV}{dn} = -2\pi m \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

et nullement

$$\frac{dV}{dn} = -4\pi m \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

En effet, le raisonnement employé pour établir l'équation (11) démontre précisément l'équation (10), quand on tient compte d'une observation faite par Cauchy (*).

Pour le faire voir, découpons, dans le volume terminé par la surface S, un volume élémentaire quelconque, de façon que la surface de ce volume n'ait de commun avec la surface S que l'élément ds.

D'une part, la somme des composantes normales des forces qui s'exercent sur les diverses parties de la surface du volume élémentaire est égale à

$$-\frac{dV}{dn}ds;$$

d'autre part, pour toutes les masses électriques extérieures à la surface du volume élémentaire, la somme des composantes normales est nulle, tandis qu'elle est égale à

$$2\pi m ds,$$

pour la masse mds située sur la surface même du petit volume.

On a donc

$$\frac{dV}{dn} = -2\pi m.$$

Ce raisonnement, qui a l'avantage de mettre en évidence ce que la démonstration ordinairement employée dissimule, aboutit, comme on voit, à la formule (10).

(*) *Leçons de mécanique analytique*, par M. l'abbé Moigno, page 569.

ASSAINISSEMENT DES VILLES

ET

CONSERVATION DES COURS D'EAU

CONFÉRENCE FAITE A L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 21 AVRIL 1879

PAR

M. L. COUSIN

Professeur à l'Université catholique de Louvain.

L'assainissement des villes, comme l'hygiène, est une conquête toute moderne. Il n'y a guère plus de trente ans que le problème fut posé, sous la double influence des exigences croissantes de la population et des ravages causés par les épidémies. Durant ce court espace de temps les nombreuses difficultés que soulevait cette question ont été vaincues et aujourd'hui toute ville, qui veut y appliquer les sommes nécessaires, peut légalement, c'est-à-dire sans nuire à autrui, se débarrasser des immondices qu'elle engendre et se préserver des miasmes qui en sont la conséquence.

Jusque dans ces dernières années, du moins sur le continent, le drainage d'une ville se bornait à créer un réseau, plus ou moins complet, d'égouts s'acheminant vers le thalweg et déversant dans la rivière les liquides impurs qu'ils avaient recueillis sur leur parcours. L'assainissement en est là dans presque toutes les villes, à l'exception des capitales.

Qu'on se figure la masse énorme d'immondices solides et liquides rejetées chaque jour par une population de plusieurs centaines de mille personnes ; ou encore qu'on se rappelle l'état repoussant de la Senne avant 1866, roulant en hiver ses flots noirs et boueux d'où sortaient d'immenses bulles de gaz, laissant à nu sur ses berges, en été, une vase infecte en décomposition, et l'on comprendra l'utilité et même la nécessité des collecteurs.

Ce n'est pas assez de réunir dans un canal couvert toutes les eaux sales, il faut encore les purifier avant de les abandonner à leur cours naturel. Ce principe est admis depuis longtemps ; mais les éléments putrescibles que renferme le sewage sont d'une telle nature, qu'aucun réactif chimique n'est parvenu jusqu'ici à les fixer. Heureusement ces mêmes substances ont une grande valeur agricole, et les cultivateurs qui, les premiers, ont amené ces eaux sur leurs prairies, dans le seul but d'en tirer profit, ont indiqué la solution d'un problème, devant lequel aujourd'hui encore la science échoue. L'observation montre en effet que l'eau effluente est complètement purifiée, lorsque l'opération est bien conduite; et le Créateur, en confiant à la terre le rôle de pourvoir à notre subsistance, l'a douée aussi de la faculté de s'approprier, en les transformant, tous les résidus de la vie, dont l'accumulation compromettrait sans cesse notre existence.

L'étude de l'assainissement des villes est donc devenue inséparable de l'utilisation du sewage et de la conservation des cours d'eau : c'est à ces deux dernières questions que se rattachent les progrès les plus récents, c'est par elles que vous trouverez peut-être quelque intérêt dans le court exposé qui va suivre.

*
* *

Le problème de l'assainissement d'une ville se résume en ces mots : fournir à tous les habitants de l'eau pure et de l'air pur, c'est-à-dire empêcher l'infection de ces deux éléments, qui sont répandus en abondance à peu près sur tous les points du globe. Dans les villes la population trop dense occasionne l'accumulation de matières putrescibles qui, empoisonnant l'atmosphère de leurs émanations et corrompant les eaux de source par leur infiltration dans le sous-sol, favorisent et engendrent les épidémies et, en fin de compte, augmentent la mortalité. Un voyageur célèbre a dit qu'on peut juger du développement de la civilisation des peuples par leur propreté ; on peut, avec bien plus de raison, affirmer que la salubrité d'une ville est en raison directe de sa propreté; car l'enlèvement immédiat des immondices est le

meilleur et peut-être le seul moyen efficace d'empêcher leur fermentation.

Pour réaliser cette condition, il faut malheureusement compter avec une situation existante. Quelle qu'ait été son origine, industrielle, commerciale, défensive ou autre, une ville s'est formée lentement et sans aucun plan préconçu; les maisons se sont élevées sans ordre d'après les besoins immédiats et les caprices de chacun. Il en est résulté des rues étroites et tortueuses où l'air circulait avec peine et où, plus tard, l'épidémie a fini par s'installer d'une manière permanente. Cela se voit encore dans le centre d'un grand nombre de villes.

Quand les principes de l'hygiène furent mieux connus, le mal était profond. Les premières mesures furent prises pour le contenir dans ses limites, en prescrivant le tracé et la largeur des rues nouvelles, en bornant la hauteur des constructions, en assurant l'écoulement des eaux de surface, en créant le service des boues et vidanges. Ainsi s'explique la salubrité relative des nouveaux quartiers et faubourgs, qui profitèrent de l'expérience de la ville mère.

Plus tard, et grâce à l'accroissement des ressources par le nombre des contribuables, les administrations communales purent entreprendre le remaniement des quartiers anciens; les rues furent élargies et rectifiées, les impasses supprimées, de nouvelles artères percées, des squares réservés au grand profit de l'hygiène, de la circulation et de l'embellissement des villes. Bruxelles a réalisé ces transformations et chacun de nous a pu les suivre et en apprécier l'importance.

Cette appropriation de la surface contribue certainement à rendre les habitations saines en favorisant l'arrivée de l'air et de la lumière; mais, au point de vue de l'assainissement proprement dit, ce n'est qu'un travail préparatoire au drainage.

L'insalubrité provient du contact prolongé des immondices avec l'atmosphère et le sol, et l'assainissement doit avant tout assurer la propreté constante de la rue et des habitations : c'est là que viennent aboutir tous les résidus organiques de la vie animale. Un réseau d'égouts bien établis permet d'atteindre cet im-

portant résultat, à la double condition d'y envoyer toutes les matières dangereuses et de fermer ensuite, aux liquides qui y sont déversés et aux gaz qui s'y forment, toute issue autre que celle du collecteur.

*
* *

En ce qui concerne les rues, on les recouvrira d'une bonne chaussée, bien entretenue, qui sera en communication avec l'égout par des bouches convenablement rapprochées, afin de fournir un écoulement prompt et facile aux eaux de la surface. On envoie même à l'égout la boue en hiver, la poussière en été, en s'aidant, pour le lavage, de l'eau que la distribution fournit en abondance et sous pression dans la plupart des villes. Ce système plus simple, plus complet, moins coûteux et moins encombrant que l'enlèvement par tombereaux, est adopté ou sur le point de l'être, dans toutes les capitales qui ont une distribution d'eau et des collecteurs. C'est à peine si quelquefois on retient, dans un réservoir annexé à l'orifice d'entrée, les détritus de la chaussée qui ne sont pas sujets à fermentation et n'ont aucune valeur agricole.

L'assainissement des habitations est plus important et en même temps plus difficile que celui de la rue, parce que le danger est plus immédiat et plus grave, et parce que la surveillance publique s'arrête au seuil du domicile. Les règlements de police cependant prescrivent les installations que commande l'hygiène, et l'autorité doit veiller à leur exécution.

Partout on exige l'écoulement direct à l'égout des eaux ménagères et si les administrations ne poursuivent pas toujours la suppression immédiate des puits absorbants et des débouchés sur la rue, c'est qu'elles craignent de compromettre leur popularité.

Le même accord n'existe pas quant à l'issue à donner aux déjections humaines : nous n'hésitons pas à soutenir la solution qui consiste à les confier à l'égout, parce que nous supposons une distribution d'eau abondante, élément inséparable d'un assainissement bien conçu.

On a voulu imputer au *système de l'écoulement* la dépense des

égouts publics; tandis qu'ils sont exigés par le service de la voirie. Bien plus, les embranchements particuliers existent même dans les villes qui conservent l'ancien mode d'enlèvement, parce que les eaux ménagères s'échappent dans les égouts. C'est donc à tort qu'on a considéré l'*écoulement* comme plus coûteux que l'*enlèvement.*

Les partisans de ce dernier procédé invoquent encore, en sa faveur, l'hygiène et l'utilisation de l'engrais. Mais un égout bien étanche — et l'art des constructions permet de donner cette garantie — écarte à peu près tout danger de fuite, grâce à une surveillance facile et continuelle; tandis que les coupe-air et les évents rendent peu probables les émanations gazeuses. D'ailleurs l'écoulement continu de ces matières contrarie singulièrement la fermentation; d'un autre côté, l'existence des collecteurs supprime la pollution des rivières et l'irrigation procure l'utilisation la plus efficace, la plus complète et la plus économique du sewage.

Les fosses, au contraire, construites en maçonnerie comme les égouts, échappent à toute surveillance; — elles conservent sous les habitations des matières en fermentation active, et il est bien difficile d'empêcher la sortie des gaz délétères qui s'y forment; — le curage toujours tardif, par cela même qu'il est incommode, entraîne la pratique infecte de la vidange; — elles exigent des dépotoirs qui constituent des foyers d'infection aux portes des villes, et imposent aux ouvriers des manipulations répugnantes; — la vente des produits est irrégulière et difficile, parce que l'engrais abonde à proximité des villes, et le prix ne couvre pas toujours les frais de préparation et de transport; souvent même l'emploi n'est possible que par une dilution préalable, c'est-à-dire par une irrigation détournée et coûteuse. Sans doute les fosses perfectionnées échappent à une partie de ces inconvénients, mais alors elles réclament l'intervention d'une matière absorbante ou l'écoulement des liquides à l'égout : dans le premier cas, le grand volume des matières inertes constitue un inconvénient pire que le mal; dans le deuxième cas, on envoie à l'égout les $\frac{4}{5}$ du volume total et les $\frac{7}{8}$ de la valeur agricole. L'un et l'autre système enfin se traduit par une perte sèche.

Voici ce que, en 1871, M. Ronna écrivait au sujet des deux cent mille fosses existant encore à Paris à cette époque (1) :

« Si l'on remarque que la plupart de ces matières séjournent en moyenne deux ans sous les habitations, donnant lieu, par leur fermentation, aux gaz les plus méphitiques en communication libre avec l'atmosphère habitée ou ambiante, on reconnaîtra ce que cette seule cause d'émanations, sans cesse renaissante, a de grave pour la salubrité publique. Que l'on ajoute à ces deux cent mille foyers pestilentiels les manœuvres plus ou moins perfectionnées de la vidange ordinaire à l'aide des pompes et des tonnes, les exhalaisons qui empoisonnent des quartiers entiers périodiquement, le tapage nocturne produit par les hommes, les chevaux et les lourds convois de transport, répandant partout où ils passent les gaz des matières fermentées, et l'on n'aura pas encore signalé les traits les plus repoussants de cette odieuse pratique. En effet, il reste encore à La Villette le dépotoir général, et aux environs de la capitale la voirie centrale de Bondy, ainsi qu'une foule de dépotoirs particuliers, occupant un grand nombre d'hectares, émanant librement à l'air et au soleil et rendant la banlieue inhabitable en été sur les points où ils sont situés. »

M. Belgrand, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur des eaux et des égouts de Paris, dans un mémoire adressé en 1871, à la préfecture, apprécie comme suit l'influence des fosses dans les quartiers des ouvriers :

« Les cabinets d'aisances y sont communs, c'est-à-dire que le même cabinet sert à plusieurs locataires. Il en résulte une première cause d'insalubrité : il suffit qu'un seul ménage soit malpropre pour que tous les autres usagers cessent d'être propres.

» En outre, par suite de l'absence totale d'eau et de l'interdiction des lavages, les matières solides s'accumulent sur le siège, le sol du cabinet est couvert d'urine en putréfaction.

» Personne ne peut se faire une idée de ces foyers d'infection s'il ne les a vus de ses propres yeux et c'est à leur présence qu'il

---

(1) A. Ronna. *Égouts et irrigations*. Baudry, édit. Paris, 1874, p. 390.

faut attribuer les habitudes de malpropreté de nos ouvriers et la mauvaise tenue de leurs logements. Comment pourrait-il en être autrement et quel intérêt auraient-ils à établir chez eux la propreté du ménage anglais ou flamand, lorsqu'ils ont à côté d'eux une telle accumulation d'ordures fétides. »

Sans doute, les fosses perfectionnées continueront à rendre des services dans les petites agglomérations, dans les camps, les prisons, les hospices, les usines établis loin des villes; mais dans toutes les villes qui possèdent une large distribution d'eau (100 à 150 litres par jour et par habitant), l'hygiène, comme l'agriculture, doit en réclamer la suppression. — L'eau, en effet, doit arriver abondante au *watercloset* pour diluer et entraîner à l'égout les matières fécales aussitôt qu'elles sont produites. D'ailleurs, l'alimentation d'eau sous pression est presque aussi nécessaire que les égouts : elle sert à l'arrosage des rues en été, au lavage en hiver; elle alimente les ménages et les fontaines; elle est utilisée par l'industriel et est d'un grand secours dans les incendies; elle procure, enfin, le moyen de curer les égouts. M. Dumas dit, en parlant des villes, « que les égouts forment le réseau veineux qui expulse de la cité, à l'état vicié, l'eau introduite à l'état de pureté par le réseau artériel de la distribution. »

*
* *

Vous le voyez, Messieurs, le rôle confié aux égouts est capital. Il est de la plus haute importance d'en soigner l'étude et l'exécution. La section doit partout suffire aux eaux d'orages et il convient même, pour la bonne surveillance, de réserver la circulation des ouvriers jusque dans les moindres ramifications. La limite de vitesse, qui dépend de la quantité et de la qualité des matières envoyées à l'égout, a été fixée à 70 centimètres par seconde, à Londres et à Bruxelles.

Au point de vue de la pente à réaliser, le tracé général du réseau n'est pas indifférent et, tout en maintenant la galerie souterraine à une profondeur convenable sous le pavage de la rue, plusieurs dispositions sont possibles.

A Bruxelles, le versant droit de la Senne est fortement déclive et les rues perpendiculaires à la rivière absorbent toute la pente de surface. Si donc on construit sous elle les égouts de premier ordre, les grands volumes d'eau coïncideront avec les fortes pentes et les rues parallèles au thalweg seront drainées par des embranchements à pente presque nulle, ne recevant que le débit local. Les dépôts, dans ces dernières galeries, sont presque inévitables. Ce système néanmoins fut suivi à Bruxelles jusqu'en 1875.

Tous les égouts exécutés depuis cette époque partent du collecteur, s'élèvent en suivant alternativement les rues perpendiculaires et les rues parallèles à la vallée; sous les premières la galerie, moins inclinée que la surface, s'enfonce et s'éloigne du pavage, afin de pouvoir, en se relevant sous les secondes, conserver sa pente générale.

Sur la rive gauche de la Senne, la vallée s'élargit et la pente de surface devient insuffisante. Les lignes principales du réseau sont normales au collecteur, et le radier doit néanmoins se rapprocher de la chaussée en s'éloignant du thalweg. La zone que le collecteur assainit est ainsi limitée en largeur et, pour s'épargner le curage de tous les égouts, il faut construire des collecteurs secondaires où les wagons-vannes suppléent à l'insuffisance de vitesse. A cette difficulté viennent se joindre les obstacles sans nombre provenant de la mauvaise nature du sous-sol, de la subdivision de la rivière, des ruisseaux affluents, etc., qui compliquent l'exécution et rendent très-coûteux l'assainissement de la partie basse des villes.

Le curage et l'entretien des égouts se font sous la direction des agents de l'administration par des ouvriers d'élite qui doivent être largement rétribués et qui ne travaillent qu'un temps limité dans les galeries. La suppression si désirable des égouts à petite section fera disparaître les curages par la rue, qui se font si fréquemment encore pendant la nuit à Bruxelles.

Les égouts particuliers peuvent être et sont à petite section, mais la pente y est majorée en conséquence. Les règlements devraient prescrire non seulement la pente, mais la direction, la section, la nature, les conditions de bonne exécution et un coupe-

air reconnu efficace. Il en est rarement ainsi et bien des habitations sont malsaines, parce que la communication avec l'égout public est mal construite et qu'il n'est pas possible de le constater. Le règlement se borne le plus souvent à réserver au collége le droit d'interdire l'occupation des maisons dont la malpropreté, le défaut d'aérage ou d'écoulement des eaux compromettraient la salubrité publique.

Les gaz méphitiques enfermés dans les égouts ont une tendance, en vertu de leur légèreté, à s'échapper dans les parties hautes de la ville. On attribue à ce fait le grand nombre de victimes que fit au Quartier-Léopold, à Bruxelles, le typhus de 1869. Il n'est ni difficile ni coûteux de se prémunir contre ce danger. A Bruxelles, M. Maus, directeur général des ponts et chaussées, propose, pour entraîner les gaz à l'aval et les brûler, de mettre en communication avec l'émissaire les foyers de la grande usine à gaz et ceux des pompes qui seront montées à Haeren. On créerait ainsi un puissant appel d'air, c'est incontestable; mais il est permis de douter de son efficacité sur le développement si considérable des égouts. Un ventilateur unique ne réussirait pas mieux et il ne reste qu'à réserver au gaz des issues inoffensives, ou bien à empêcher sa sortie des égouts par de bonnes fermetures. Les villes se sont tenues jusqu'ici à ce dernier procédé : les regards et les chambres d'accès des égouts sont hermétiquement fermés, tandis que les eaux de la rue et des ménages y ont accès par des appareils à fermeture hydraulique, dont l'immersion varie de 2 à 6 centimètres. Cette dépression peut équilibrer de très grandes colonnes d'air, et cependant les dégagements par les coupe-air sont fréquents. Cela tient à trois causes : les coupe-air des maisons laissent à désirer dans leur disposition ou dans leur construction; les habitants négligent, pendant l'été surtout, d'entretenir le niveau de l'eau qui produit l'immersion; les irrégularités de pente dans les anciens égouts peuvent occasionner des obstructions partielles pendant les fortes pluies, et le gaz comprimé force le passage des coupe-air. Ainsi s'explique la recrudescence des épidémies après une pluie abondante.

Indépendamment des soins que les particuliers doivent apporter à l'établissement et à l'entretien des coupe-air, l'administration peut atténuer le danger en prescrivant, pour ces appareils, une immersion plus grande que celle des bouches de la rue. Mais la solution véritablement efficace consiste à répandre l'air vicié des égouts dans les régions supérieures de l'atmosphère, soit en adaptant un tuyau de dégagement à chaque maison, soit, ce qui est préférable, en élevant, aux frais de la communauté, des cheminées à grande section et convenablement espacées, où les gaz seraient brûlés ou désinfectés.

Après avoir recueilli par des milliers de ramifications toutes les immondices de la ville, les égouts débouchent dans des collecteurs accolés à la rivière. Ce sont des galeries à grande section, à très faible pente ($0^m,0003$ à $0^m,0006$ par mètre), offrant intérieurement une ou deux banquettes pour la circulation des ouvriers et dans lesquelles les dépôts sont entraînés par des wagons-vannes ou des bateaux-vannes que la pression de l'eau met en mouvement. A défaut de collecteurs, le sewage se déverse dans la rivière en produisant des dépôts qu'il faut enlever à grands frais (Bruxelles dépensait autrefois à ce travail 30,000 fr. chaque année), il laisse perdre presque totalement sa valeur agricole, il souille injustement une eau courante qui appartient à tous et, si le débit du cours d'eau n'est pas très grand comparativement à celui des égouts, il aggrave, en le condensant, le mal qu'on s'est efforcé de combattre. Le voûtement de la rivière ne ferait disparaître que le dernier inconvénient sans compter qu'il rendrait la navigation impossible.

En quittant la dernière rue, les collecteurs ont fini leur rôle : l'un d'eux passe en siphon sous le cours d'eau et se réunit à l'autre pour former l'émissaire, autre galerie voûtée qui conduit le sewage loin de la ville, laissant celle-ci hors de portée des émanations.

*
* *

Les travaux dont nous venons de dérouler le plan d'ensemble sont exécutés dans un certain nombre de villes et les relevés de

la mortalité en ont montré partout l'heureuse influence. A Londres, pendant l'exécution des travaux, les tableaux des décès par la fièvre et le choléra permettaient d'indiquer sur le plan de la ville, avec assez d'exactitude, la limite des égouts terminés. A Croydon, la mortalité moyenne des dix années qui ont précédé la canalisation a été de 23 $^2/_3$ pour mille; pendant les dix années qui ont suivi l'achèvement cette moyenne est tombée à 18 $^1/_2$. A Norwood, de 18,76 en 1863, elle était descendue à 12,07 en 1868. A Worthing, la mortalité était de 21 pour mille et elle oscille depuis entre 15 et 17. A Birmingham, une statistique de dix ans a fourni 37,1 pour mille dans le quartier de *All Saints* desservi par des fosses, tandis que dans le quartier d'*Edgbaston*, où le watercloset est la règle, la mortalité a été de 13,8.

Ce fait est général et l'*Engineering*, dans son numéro du 6 mai 1878, dit, en parlant du sewage de Glasgow, que la salubrité des villes est proportionnelle au nombre relatif de water-closets (ou *water carriages*); il montre, par des exemples, que la mortalité obéit à cette loi, quelle que soit la population. Ainsi Londres renferme deux fois et demi plus d'habitants que Halifax et la mortalité y est moindre, grâce au système du *water carriage*.

Bruxelles aussi a accepté résolûment le système de l'écoulement et les fosses disparaissent peu à peu. En 1867, la mortalité atteint 27,5 pour mille; elle monte pendant l'exécution des travaux à 40,8 en 1871; elle est encore de 29,4 en 1875, pour tomber à 25 en 1876, à 24,7 en 1877 et à 23 en 1878. Ces chiffres dénotent une marche décroissante bien marquée.

*
* *

L'émissaire termine les travaux d'assainissement de la ville; mais le sewage, après ce long parcours, n'a rien perdu de ses dangers et, dans presque tous les pays civilisés, la législation défend de jeter des matières nuisibles dans les cours d'eau. La plupart de nos règlements provinciaux renferment cette clause, mais elle n'est pas plus observée chez nous qu'en France. En

Angleterre, la loi de 1865, *The sewage utilisation Act*, due à l'initiative de lord Montagu, interdit le débouché des égouts dans les rivières et autorise des poursuites contre les administrations qui négligeraient de la faire observer. Cette mesure radicale, qui fait honneur à celui qui en fut le promoteur et au pays qui eut le courage de l'adopter, produisit des résultats considérables. Les villes qui étaient en retard se hâtèrent de construire des collecteurs pour concentrer et désinfecter les eaux d'égout.

Tous les procédés d'épuration connus furent mis en pratique, leur insuccès provoqua de nouvelles recherches qui ne réussirent pas mieux, et, après bien des hésitations et des dépenses, on en vint partout à l'irrigation. A Londres même, que la loi exceptait provisoirement à cause de la difficulté d'épurer d'aussi grandes masses, les conseils de salubrité font tous leurs efforts pour imposer une solution conforme à la loi et à l'hygiène.

Les nombreux brevets (1) pris en Angleterre pour le traitement du sewage se distinguent en deux classes : les *procédés mécaniques* et les *procédés chimiques*. Les premiers opèrent par filtrage ou par décantation; ils clarifient l'eau, mais ils ne lui enlèvent rien ou presque rien des matières dissoutes, les plus dangereuses et en même temps les plus riches pour le sol. L'épuration est donc illusoire et les dépôts sans valeur ou à peu près.

Les *procédés chimiques*, précédés ou non d'un filtrage, sont sans action sur l'ammoniaque soluble et le résultat est tout à fait insuffisant. La valeur du précipité ne couvre pas les dépenses qu'il occasionne et son pouvoir fertilisant est si faible, que M. Scott transforme le dépôt en ciment et que M. Holden en fait un combustible.

Ces méthodes, mécaniques ou chimiques, ne réussissent point à rendre le sewage inoffensif, mais elles peuvent être utiles comme traitement provisoire ou comme complément de l'irrigation, qui est la solution vraie et la seule complète. Depuis vingt-cinq ans l'Angleterre s'est mise à la recherche des meilleurs

(1) De 1856 à 1876 on en compte quatre cent vingt et un.

moyens d'utiliser et d'épurer le sewage : le gouvernement, les villes, les associations ont confié l'étude du problème aux hommes les plus distingués du pays, et tous ont invariablement conclu en faveur de l'irrigation, comme utilisant le mieux le pouvoir fertilisant de ces liquides et comme seule capable de les rendre inoffensifs. La commission royale chargée, en 1857, par le gouvernement britannique de s'enquérir du meilleur moyen d'appliquer le sewage des villes à des usages donnant bénéfice et profit, déclare dans son troisième rapport, publié en mars 1865, que « le vrai moyen de disposer du sewage des villes est de l'appliquer continûment au sol, et ce n'est que par une telle application que la pollution des rivières peut être évitée. »

En 1865 et en 1868, le même gouvernement nomma successivement deux commissions (*Rivers pollution commission*) à l'effet cette fois de *rechercher le moyen de prévenir la pollution des rivières*. De la première faisait partie M. Rawlinson et la deuxième comptait le Dr Frankland et M. Morton : ces trois noms sont restés attachés à tous les progrès réalisés depuis dans cette voie. Ces commissions ont publié de 1866 à 1874 neuf rapports très étendus et très complets dans lesquels sont décrits et discutés tous les procédés de désinfection en usage en Angleterre. Après avoir constaté partout l'insuccès, elles déclarent que :

1° Il y a nécessité d'interdire le déversement en rivière du sewage et des résidus des fabriques, sans les avoir épurés préalablement;

2° Pour atteindre ce but, il est indispensable d'étendre la juridiction des comités de salubrité publique à tout un bassin et de leur donner plein pouvoir pour constater et supprimer les abus;

3° L'irrigation est le seul traitement satisfaisant et, pour la pratiquer, il importe d'accorder le droit d'exproprier les terrains qui conviennent à cette opération.

On lit dans le rapport de 1867 :

« La corruption des eaux par le sewage et les déchets de manufacture doit être empêchée aux frais des communautés et des individus qui la causent.

» La question de bénéfice ou perte, lorsqu'il s'agit d'empêcher l'insalubrité, l'infection de l'atmosphère et des eaux courantes n'est pas à prendre en considération...

» La ville doit aussi bien payer les travaux d'assainissement des eaux courantes que ceux des égouts...

» La prohibition de toute décharge des matières solides devra être immédiate, générale et sans exception...

» L'interception du sewage est toujours praticable...

» Aucun mode de traitement n'est satisfaisant si ce n'est l'application directe au sol. »

Le rapport de 1870 s'exprime ainsi en parlant des villes du Lancashire :

« L'insalubrité devient, pour toutes ces villes, dommageable, coûteuse et intolérable, au fur et à mesure que la population augmente. Toutes les tentatives, pour assainir autrement que par l'irrigation, ont avorté et la plupart des corporations, sur lesquelles pèse la responsabilité de cet état de choses, sont forcées d'étudier ou d'adopter l'irrigation comme seul remède disponible et certain. »

Et plus loin au sujet des méthodes chimiques de précipitation :

« Il serait téméraire d'assigner des limites aux possibilités de la chimie. On pourra peut-être découvrir, dans l'avenir, des substances capables de se combiner avec les constituants impurs des eaux d'égout de nos villes et de rendre ces constituants insolubles; mais nous sommes obligés de reconnaître que les ressources actuelles de cette science n'offrent pas d'espoir que les matières sales dissoutes dans le sewage seront précipitées et enlevées par l'application des réactifs chimiques au liquide nuisible. Les affinités chimiques de ces matières sales sont si faibles et les matières elles-mêmes sont dissoutes dans un si énorme volume d'eau, que leur précipitation est un problème d'une extrême difficulté. »

L'Association britannique, en 1868, confia à un comité permanent le soin de faire une enquête sur le traitement et l'emploi des eaux d'égout. Son appréciation est également favorable à l'irrigation.

En 1875 le « *Local government Board* » ordonne une enquête semblable en l'étendant au continent. La commission, dont faisait partie M. Rawlinson, reproduit dans son rapport et justifie les propositions déjà indiquées.

Vers la fin de 1877 la municipalité de Glasgow, qui est encore à la recherche de la meilleure solution, chargea une commission de lui faire un rapport sur cet objet. Une députation parcourut l'Angleterre (Manchester, Leeds, Birmingham, Londres, Bradfort, Coventry, Croydon, Halifax et Oldham) et revint avec la conviction que « l'irrigation présente le mode le plus parfait d'utiliser et de purifier le sewage. »

Cette appréciation unanime et persistante est corroborée par les faits. Lorsqu'eut lieu la promulgation de la loi Montagu, la plupart des villes, pour échapper à la dépense considérable de l'irrigation (l'expropriation en Angleterre coûte extrêmement cher), installèrent l'épuration chimique ou mécanique, et elles ne l'abandonnèrent qu'après avoir épuisé sans succès tous les perfectionnements imaginables.

A Berlin, à Vienne, à Bruxelles, l'irrigation est considérée comme le seul moyen efficace d'épuration du sewage, et les autorités sont décidées à la réaliser. A Paris les premiers essais remontent à 1866. Avant cette date et depuis, la ville a accueilli toutes les offres sérieuses de traitements chimiques ; elle a autorisé l'installation, à Clichy et à Gennevilliers, des procédés les plus en renom; on y a traité au delà de 600,000^{m3} par le sulfate d'alumine, que prônait M. Lechâtelier, inspecteur général des mines. La confiance dans l'irrigation n'a fait que grandir et la commission d'enquête de 1876 propose une nouvelle dépense de 5 millions, pour conduire les eaux d'égout dans la forêt domaniale de St-Germain, en les distribuant, sur son parcours, aux cultivateurs qui les demanderont ou les payeront.

*
* *

Que doit être l'irrigation ? Il est nécessaire, pour en fixer les conditions, de rappeler l'action du sol sur les eaux chargées de

composés organiques en dissolution. Les eaux d'égout renferment des matières minérales et des matières organiques. Les dernières sont seules nuisibles, à moins que certaines industries assez rares n'apportent des résidus minéraux empoisonnés. Le sol arrête à sa surface comme sur un filtre les composés organiques non dissous et il favorise l'oxydation des matières en dissolution. La fermentation et la décomposition des résidus organiques sont une absorption de l'oxygène de l'air, qui minéralise la matière organique; les plantes à leur tour absorbent ces composés minéraux en restituant à l'air l'oxygène qu'ils avaient emprunté. La première réaction est l'origine de presque toutes les émanations malsaines : c'est une simple combustion lorsqu'il y a excès d'air, c'est au contraire une putréfaction, si la matière qui s'oxyde n'est pas en contact avec de l'air sans cesse renouvelé. Cette dernière circonstance se présente pour le sewage noyé dans un cours d'eau, pour les dépotoirs et pour un cadavre enfoui. L'irrigation amènera la combustion régulière et complète des éléments organiques, sans émanation et sans danger pour la salubrité, si le sol que l'on destine à la filtration est bien aéré.

L'oxygène rencontre le liquide impur divisé par l'action mécanique du filtrage et le brûle si complètement que tout l'azote est nitrifié. L'azote, on le sait, est beaucoup moins apte à s'oxyder que l'hydrogène et le carbone. Ainsi sont purifiées les eaux qui alimentent les sources. Il est utile de remarquer que cette action du sol s'exerce en toutes saisons et indépendamment de la végétation; mais les plantes activent indirectement la réaction en favorisant l'évaporation et l'évacuation de l'eau, en absorbant les composés minéraux dissous et en constituant l'humus dont l'intervention est parfaitement démontrée, sinon expliquée ([1]). Toutefois l'épu-

---

([1]) En 1876 M. Schloesing, rapporteur de la Commission d'enquête de la Seine sur l'avant-projet d'un canal d'irrigation de Clichy à la forêt de St-Germain, a constaté directement que l'eau d'égout filtrée sur du sable calciné ne s'épure pas les premiers jours, et que si, à un moment quelconque de l'épuration, on fait passer de la vapeur de chloroforme, la nitrification est arrêtée. Il formule l'hypothèse que le terreau nourrit des organismes capables de développer ou d'accélérer l'oxydation, et l'eau d'égout serait assez riche en matières organiques pour nourrir ces germes.

ration réussit même sur les terrains dépourvus d'humus. Il y aura tout au plus au début une irrigation préparatoire de quelques semaines, pendant lesquelles l'oxydation sera incomplète.

Il résulte de là que le pouvoir épurateur d'un terrain dépend bien plus de son état physique que de sa nature chimique; les faits ont confirmé cette déduction de la théorie. Voici comment le Dr Frakland opère : Dans une caisse, de hauteur suffisante, il place un prisme du terrain à essayer, en conservant aux couches leur épaisseur et leur superposition. Une double pesée fournit le pouvoir absorbant du terrain. La caisse est ensuite posée sur du gravier dans un bassin plein d'eau pour figurer la nappe souterraine et l'arrosage, à dose variable, commence. Il est facile de fixer, pour chaque dose, le temps que met le liquide à traverser la couche filtrante : si, par exemple, le terrain absorbe 150 litres par mètre cube, et si la hauteur du prisme est de $2^m,00$, chaque mètre carré du sol pourra retenir 300 litres. Avec un arrosage régulier de 20 litres par jour et par mètre, il faudra $\frac{300}{20} =$ 15 jours pour renouveler le liquide d'absorption et amener à la nappe souterraine les 20 litres du premier arrosage. La même quantité est régulièrement répandue chaque jour, pendant plusieurs semaines, avant d'analyser l'eau effluente. En opérant de même sur des doses croissantes, il sait que la limite du pouvoir épurateur est atteinte, lorsque l'analyse constate la présence de l'azote non oxydé dans le liquide filtré.

L'expérience à Gennevilliers n'a pas été poussée aussi loin : on a seulement constaté que, à raison de 15 litres par jour et par mètre carré (55,000 mètres cubes à l'hectare et à l'an), la combustion était complète. L'irrigation ne dépassera jamais ce chiffre. M. Frankland a obtenu, dans des conditions analogues et sur des terres argileuses, sablonneuses ou tourbeuses indifféremment, l'épuration complète de 500 mètres cubes par jour et par hectare, soit 200,000 mètres cubes par an.

En 1870 ces résultats ont reçu une confirmation éclatante à Merthyr-Tydfil. Le *local Board* avait terminé les égouts et le collecteur, lorsque, sur la réclamation des riverains et malgré un filtrage préalable du sewage, il fut condamné à faire cesser l'écou-

lement de ce liquide dans la rivière Taff. Comme d'un autre côté, les propriétaires refusaient de céder leurs terrains pour l'irrigation, et vu les lenteurs de la procédure d'expropriation, M. Bailey Denton, sur l'avis du Dr Frankland, installa le filtrage intermittent, ou l'irrigation à haute dose.

A cette fin il fit défoncer et drainer le terrain à une profondeur moyenne de $2^m,00$, la surface fut dressée en billons, et le sewage, préalablement décanté, fut amené dans les raies, comme cela se pratique à Gennevilliers. Moyennant cette préparation, huit hectares ont pu épurer provisoirement le sewage d'une population de 50,000 habitants, à raison de 180,000 à $240,000^{m3}$ par hectare et par an. Le filtre était divisé en quatre parties de 2 hectares, et chacune recevait tout le volume pendant six heures consécutives tous les jours. L'analyse de l'eau effluente constata une épuration complète.

Des remaniements fréquents du sol entretenaient la perméabilité et empêchaient l'encrassement du filtre.

Restreinte à cette limite de 1 hectare pour $200,000^{m3}$ d'eau souillée, l'épuration est à la portée de toutes les villes et des établissements, parce qu'il est toujours possible, sans dépense excessive, de louer ou d'acheter la surface nécessaire à l'irrigation. Les fabricants établis à proximité des villes peuvent aussi, moyennant entente préalable avec l'administration, rejeter leurs eaux industrielles dans les égouts. MM. Holden, à Roubaix, payent à la ville une redevance annuelle de 15,000 francs pour amener dans les égouts, par une conduite de 5,000 mètres de longueur, les eaux provenant du lavage des laines.

L'agriculture, à son tour, réclame l'utilisation de l'engrais contenu dans le sewage : la loi de la restitution nous impose le devoir de rendre au sol ce qu'il nous donne et ce dont il a besoin pour continuer à produire. C'est encore par l'irrigation que ce but sera atteint et le même sol, qui procure aux eaux contaminées l'oxygène destiné à brûler les matières organiques, sera fertilisé par les combinaisons minérales ainsi formées et portera des récoltes abondantes. Toutefois la capacité absorbante des plantes est limitée, comme leur développement, et, pour l'utilisation de

l'engrais, il faut régler l'arrivée du sewage sur l'activité de la végétation; car ce qui n'est pas absorbé se dissout dans l'eau et s'écoule en pure perte. Le volume utilisable dépend par conséquent du genre de culture et de la richesse des eaux d'égouts.

La valeur d'un engrais est représentée surtout par le poids d'azote qu'il contient et des analyses nombreuses permettent d'estimer le produit des collecteurs à 6 kil. d'azote par habitant et par an; c'est l'équivalent de 1,500 kil. de fumier de ferme ordinaire [ou encore ces 6 kil. d'azote valent 12 francs et le sewage de Bruxelles à ce taux représente 4,200,000 francs par an, sans compter la potasse, les phosphates, etc.,], et une irrigation calculée à raison de 1 hectare par 20 ou 25 habitants correspondrait à une très bonne fumure. En doublant la dose, pour tenir compte des pertes et surtout de la continuité du flot qui ne peut être utilisé en toutes saisons, chaque hectare recevra à peine 4 à 5,000 mètres cubes de liquide par an. A ce taux, une ville comme Bruxelles fertiliserait au moins 7,000 hectares.

L'utilisation ne diffère donc de l'épuration que par la capacité du sol; un hectare de terre, drainé à $2^{m},00$ de profondeur, peut épurer par an $200,000^{m3}$ de sewage, tandis que ses récoltes mettront à profit à peine le $\frac{1}{40}$ de ce volume.

La vérité pratique est entre ces deux extrêmes et le choix dépend des considérations économiques propres à chaque cas. Pour cette étude nous rappellerons que la salubrité impose aux villes et aux établissements l'obligation d'épurer les eaux qu'ils ont souillées; c'est une dépense à porter au budget au même titre que les frais de police ou d'éclairage des rues. Nous rappellerons aussi que la filtration naturelle est l'unique moyen efficace de désinfecter les eaux qui sortent de l'émissaire. Dès lors l'étendue seule des irrigations varie et le capital de premier établissement n'est influencé que de ce chef. Si, négligeant ces considérations, on porte au compte de l'irrigation agricole, avec l'achat ou la location des terrains, la construction des pompes, le relèvement des eaux, voire même la valeur de l'émissaire et des collecteurs, une ferme à sewage est toujours une entreprise ruineuse, comme beaucoup le croient.

Le meilleur choix sera celui qui procurera le plus haut rapport entre la recette et la dépense. De préférence on arrosera un sol aride, sablonneux, inculte et de peu de valeur, puisque le sewage fertilise les terrains les plus pauvres. Mais en général ces conditions ne se rencontrent pas : aux environs des grands centres le terrain est rare et cher, et l'économie prescrira le plus souvent de pratiquer l'épuration simple, en attendant qu'on puisse irriguer les propriétés particulières. L'expérience montre que, malgré l'excellence de l'engrais, malgré les riches récoltes qu'il procure partout, l'irrigation rencontre, de la part des cultivateurs et des propriétaires, une vive opposition qu'expliquent la routine et la répugnance. L'administration doit donc s'assurer, par acquisition, par location, ou par contrat, l'usage du terrain indispensable à l'épuration et s'efforcer ensuite d'étendre le champ des irrigations sur les terres voisines, en accordant provisoirement le sewage gratis, en cultivant avec soin et en publiant les rendements obtenus, en organisant des expositions agricoles et surtout en instruisant les cultivateurs.

En Angleterre les fermes à sewage sont exploitées en régie ou louées à des particuliers. Le plus souvent les terrains sont acquis à des prix exagérés, pour éviter des formalités judiciaires plus onéreuses encore. En moyenne on règle la surface à raison de 1 hectare par 200 à 250 habitants.

L'installation de Gennevilliers comprend un jardin modèle, acquis par la ville de Paris, et l'irrigation des propriétés privées sur plusieurs centaines d'hectares (370 en août 1878). La distribution facultative, gratuite et illimitée, atteint en moyenne 45,000 mètres cubes par hectare et par an. Un projet est soumis au conseil municipal pour développer le canal alimentaire jusqu'à la forêt domaniale de Saint-Germain. La ville disposera là d'une surface de 1,500 hectares, pour y déverser le volume dépassant les demandes des particuliers. Cette solution qui réserve, à l'extrémité de la conduite alimentaire, un régulateur capable d'assurer en tout temps l'épuration complète, est la reproduction du projet gigantesque de la *Metropolis sewage and Essex reclamation Company* fondée en 1865 au capital de 75 millions, pour

conduire le sewage de Londres sur le bord de la mer et fertiliser les sables de Maplin et de Dengie.

A Bruxelles le projet de MM. Derote et Van Mierlo consiste à relever les eaux de l'émissaire sur les plateaux de Loo et de Peuthy, d'où elles pourront fertiliser 4,000 hectares de terres médiocres.

Ce qui se passe à Gennevilliers permet de conclure que le volume de sewage correspondant à la plus grande production, sur une surface déterminée, est bien supérieur à celui que peut utiliser la végétation. Ce volume dépend, sans aucun doute, de la nature du sol, du genre de culture et du climat; mais il est toujours très élevé. En Angleterre, dans les mêmes conditions et sur des terrains arides, le cultivateur réclame 37,000 mètres cubes par hectare et par an; chaque fois que la dose a diminué par l'extension du champ exploité, le prix unité de location a baissé.

Quel que soit le rapport entre la surface arrosée et le volume d'eau, la culture réclame des intermittences dans l'irrigation. D'un autre côté, l'épuration s'accommode mieux d'une alimentation continue, puisque la circulation de l'oxygène est incessante. Les intermittences seront plus ou moins longues et nombreuses, suivant que le débit des rigoles se rapproche du volume utilisable ou du pouvoir épurateur. En ce dernier cas, pour ne pas gêner la croissance des plantes, le sol sera disposé en planches étroites, séparées par des raies qui recevront le liquide sans le laisser déborder. Les dépôts solides seront retirés et incorporés au sol au premier labour.

Les ordures qui circulent dans le collecteur sont l'objet d'une répugnance bien naturelle, et l'épandage en plein air a soulevé partout les protestations des propriétaires du sol et des personnes vivant dans le voisinage des champs irrigués. On a accusé ces irrigations d'infecter l'atmosphère, on leur a attribué la production des épidémies; les adversaires de ce système et les intéressés à sa suppression ont annoncé la saturation et l'engorgement du sol, transformé ainsi en une sorte de fumier ou dépotoir. Ces accusations ont fait l'objet d'enquêtes nombreuses en Angleterre et en France; tous les faits invoqués ont été minutieusement

étudiés et pas un seul n'est resté à charge des irrigations. Il serait trop long d'analyser tous les rapports qui ont été publiés, je me contenterai de citer quelques faits et déclarations :

L'atmosphère des collecteurs, en contact permanent avec le sewage, est peu vicié et les ouvriers y circulent et y travaillent sans trop grande gêne. Chacun peut en faire la preuve par une visite aux collecteurs, que les guides de Paris et de Bruxelles renseignent aux étrangers comme une curiosité d'un haut intérêt. De même lorsque le sol est bien nivelé, que l'épandage se fait judicieusement et avec mesure, de façon à ne pas former de marais à la surface, il y a peu ou point d'émanations. Lord Essex, dont les propriétés reçoivent le sewage de Watford depuis 1854, déclarait en 1866 à l'Association britannique que toute odeur disparaissait toujours 12 heures et parfois ½ heure après l'irrigation. A Norwood une promenade publique traverse les prairies irriguées et ce n'est pas la moins fréquentée de la ville; plus de 400 personnes vivent à 200 ou 300 yards de la ferme. Partout ailleurs des maisons se sont librement élevées à proximité des irrigations et les habitants ne sont nullement incommodés.

Le docteur Christison d'Édimbourg, adversaire de cette pratique, déclare en 1863 et répète en 1870 devant les commissions d'enquête, qu'il ne pouvait attribuer à l'irrigation aucun cas de fièvre, choléra ou dyssenterie. Les enquêteurs ont entendu un grand nombre de médecins qui ont déposé dans le même sens. Bien plus, à Beddington le nombre des malades diminue toujours lorsque le vent d'ouest, qui passe sur les champs arrosés, persiste quelque temps.

Les cas de fièvre constatés à Gennevilliers ne peuvent être mis à charge des émanations du sewage, mais sont le résultat d'un relèvement de la nappe souterraine et de la formation de mares et eaux stagnantes.

L'infection du filtre n'est pas davantage à craindre : l'expérience, assez longue déjà, et l'analyse des terrains irrigués en Angleterre et à Paris, montrent que le sol bien préparé, bien entretenu et convenablement irrigué, conserve indéfiniment sa propriété oxydante.

Il semble même que l'eau d'égout ne modifie guère la richesse propre des terres : c'est un engrais à action immédiate, et dès qu'on cesse de l'appliquer, le rendement retombe à sa valeur primitive. L'expérience a été faite à Rugby par MM. Lawes et Gilbert. Partout où l'irrigation est bien conduite, on a constaté, par l'analyse de l'eau effluente, que l'oxydation des matières organiques se faisait complète, quel que fût l'âge des irrigations. A Gennevilliers l'eau du puits de la petite ferme modèle ou celle qui s'échappe des drains est aussi pure que l'eau des puits de la presqu'île.

« Il n'y a donc guère à craindre, disaient les commissaires anglais de 1868, que la matière morbifique arrive jusqu'aux nappes souterraines », les germes sont détruits, brûlés avec les autres matières organiques.

Voici encore ce qu'écrivait M. l'ingénieur Ronna en 1868, après une visite à *Lodge-Farm* : « J'expliquerais difficilement la sensation que nous avons éprouvée, à la suite de nos excursions dans les fermes du centre de l'Angleterre et des environs de Barking, où tous les prés avaient jauni ou brûlé, sous l'influence d'une sécheresse persistante, lorsque nous nous sommes trouvés, mes collègues et moi, dans cette oasis à végétation luxuriante, où tout était dû à l'action combinée de l'eau fertilisante et du soleil.

Le contraste était bien fait pour nous surprendre en cette année exceptionnelle. Quant aux objections soulevées si souvent et avec tant de persistance contre l'irrigation avec le *sewage*, soit parce qu'elle crée des marais pestilentiels, soit parce qu'elle convient exclusivement aux herbages de mauvaise qualité, venus sur des sables et sous des climats froids, nous aurions simplement désiré voir les contradicteurs à nos côtés.

Ici, en effet, bien que la chaleur fût excessive et que les eaux livrées par le service du matin de la grande ville répandissent, à l'heure de notre visite, une odeur nauséabonde de gaz acide sulfhydrique pour quiconque approchait du réservoir, nous ne pouvions percevoir la moindre odeur dans les champs en arrosage, ou arrosés de la veille. Après avoir pénétré le sol, l'eau en sortait avec une limpidité parfaite. »

*
* *

La valeur des eaux d'égout comme engrais est connue de tout temps, et leur emploi à l'irrigation est fort ancien. Le Dr Whitty, dans son ouvrage sur la distribution d'eau et le drainage de Jérusalem, rapporte en ces termes une citation d'un certain Timocrate, intendant de la Syrie : « L'eau abonde dans toute la ville de Jérusalem, de telle sorte que les jardins mêmes sont arrosés par les eaux s'écoulant hors de la ville. » Les marcites de Milan datent au moins du XVe siècle; les irrigations d'Édimbourg sont vieilles de plus de deux siècles; celles de Novarre, de Chambery et d'autres remontent au XVIIIe siècle. Ces dernières ne sont que des applications partielles et imparfaites, en vue d'utiliser un engrais dilué dans les eaux de la rivière.

Le pouvoir fertilisant du sewage, si grand déjà par les éléments qui y sont contenus, est exalté par l'état de dilution dans lequel ces éléments sont offerts aux plantes et par la température du liquide qui, par les plus grands froids, reste supérieure à 4° et ne dépasse pas 20° en été. Aussi les eaux d'égout ont procuré aux sols les plus pauvres une fertilité prodigieuse. Quels qu'aient été le climat, la nature du sous-sol, le genre de culture, le succès, à des degrés divers il est vrai, a prouvé l'efficacité et la suffisance de l'engrais. Sous le ciel brumeux et froid de l'Angleterre on coupe le raygrass cinq, six et jusque dix fois l'an; les praieries d'Édimbourg se louent à 1,560 francs l'hectare en moyenne et certains lots atteignent 2,600 francs; la culture maraîchère de Gennevilliers arrive à un rendement brut de plus de 4,000 francs à l'hectare; les 75 hectares qui composaient la *Lodge-Farm* ont rapporté en 1869, 153,000 francs et en 1870, 150,000 francs : ces deux exercices marquent les deux limites, le premier ayant été très-sec et le second, au contraire, fort pluvieux. Ces récoltes exubérantes se maintiennent sans aucun indice d'affaiblissement et les terres qui les portent ne réclament point de repos.

De tels résultats sont bien faits pour encourager les entreprises d'irrigation, et ce n'est pas trop préjuger du bon sens et de l'intelligence du cultivateur, que d'attendre de lui le payement d'un

engrais aussi efficace, distribué sur sa terre sans aucune main-d'œuvre.

Dans ces conditions, et en écartant la part des frais qui incombent à l'épuration, il est difficile d'admettre que l'irrigation solde en perte. En fût-il ainsi que le plus souvent elle fournira la solution la moins onéreuse. M. Rawlinson, comparaissant dans l'enquête de Barking en 1868, exprime cette opinion : « J'ai été, dit-il, souvent mêlé à la question d'emploi du sewage; j'ai visité tant de localités où il importerait que l'expérience fût obligatoire, quel que dût être le résultat pécuniaire, que depuis longtemps j'ai cessé de considérer comme nécessaire que l'irrigation donne des bénéfices ou assure des dividendes. L'utilisation des eaux d'égout par l'irrigation, dans un but agricole, est toutefois moins coûteuse pour une ville que tout autre procédé d'épuration; elle peut seule permettre de purifier chimiquement le sewage avec quelques chances de bénéfice. »

*
* *

Conclusions. — L'assainissement proprement dit des villes doit être complété par l'assainissement des cours d'eau. Nulle cause morbifique peut-être ne fait autant de victimes que l'usage d'eau malsaine; sa funeste influence en temps d'épidémie a été fréquemment constatée. L'irrigation épure les eaux souillées et son application est relativement économique. La législation dès lors doit défendre et défendre efficacement, aux villes, aux sociétés, aux particuliers, de souiller les eaux courantes et les eaux de source.

En Belgique les règlements destinés à protéger les cours d'eau ne sont pas respectés, et il est temps que le Gouvernement présente une loi rigoureuse contre cet abus. Nos voisins d'outre-Manche font les plus grands efforts et n'hésitent pas à rompre avec leurs traditions du *Self government* pour atteindre ce but. Après les lois de 1865 et de 1867, *Sewage utilisation act*, qui interdisaient la décharge des égouts dans les rivières, parut en 1872 le *Public health bill*, en vue de mettre fin à une confusion de pouvoirs et d'assurer la bonne observance des lois sanitaires. Le *Rivers pollution act* de 1876 devait compléter l'œuvre; mais

son exécution fut laissée à la merci des comités locaux qui, trop peu soucieux de l'intérêt général, ne se sont point donné la peine de réprimer les infractions à la loi. Les populations lésées ont vivement réclamé contre cette organisation et le Gouvernement, par l'organe du duc de Richmond, vient, au mois de mars dernier, d'introduire au Parlement un nouveau bill relatif à la conservation des rivières (1). Une administration spéciale, indépendante des influences locales, sera chargée de la surveillance des cours d'eau, et des pouvoirs suffisants lui seront conférés pour exécuter tous les travaux utiles et pour réunir les fonds nécessaires.

Nous voudrions voir la Belgique entrer dans cette même voie : M. le Ministre des Travaux publics a déclaré aux Chambres, le 27 mars dernier, qu'il préparait une réorganisation administrative des rivières et des canaux : nous espérons que sa sollicitude ne se bornera pas aux besoins de la navigation, et qu'il s'inspirera des idées humanitaires, qui depuis longtemps préoccupent les gouvernants anglais.

L'administration nouvelle devrait comprendre, à notre avis, un conseil supérieur, des comités de district, et au besoin des comités locaux dans les grandes villes. Ces comités seraient formés d'ingénieurs, d'industriels et de propriétaires fonciers ; ils seraient chargés d'empêcher la pollution des rivières, de constater les délits et d'en poursuivre la répression ; à eux incomberait le devoir de préparer les projets d'épuration et d'en imposer l'exécution aux intéressés, sinon de les faire en régie ; ils auraient le droit de décréter l'expropriation, d'autoriser ou même de contracter des emprunts et d'imposer les taxes nécessaires. Le Gouvernement prêterait son aide et son crédit à ces entreprises d'utilité publique, en accordant des fonds à faible intérêt avec amortissement à longue échéance.

La juridiction de chaque district s'étendrait au bassin hydrographique d'un ou de plusieurs cours d'eau, de façon à grouper les ressources et à ménager les intérêts de tous les riverains. Tels sont à peu près les principes de la nouvelle législation anglaise.

---

(1) *Engineering*, 21 mars 1879.

RÉPONSE

A LA

NOTE DE M. DE LAPPARENT :

« SUR LES THÉORIES RELATIVES A LA STRUCTURE CRISTALLINE »

PAR

L. SOHNCKE,

Professeur à l'École polytechnique de Carlsruhe.

Dans une note (1), publiée il y a quelques mois, M. de Lapparent s'occupe de ma théorie de la structure cristalline en s'efforçant de la mettre en opposition avec l'expérience et par là de lui ôter toute valeur. Je vais démontrer qu'il n'a pas réussi dans ce qu'il prétend, et j'espère triompher en même temps des difficultés que d'autres pourraient rencontrer dans ma théorie.

J'ai dit de ma théorie (2) qu'elle est débarrassée du postulatum qui restreint la généralité de la théorie de Bravais. Pour examiner cette assertion, il a paru nécessaire à M. de Lapparent « d'aller au fond des choses, et d'examiner de plus près ce prétendu postulatum que la perspicacité de M. Sohncke se flatte d'avoir découvert. » S'il était réellement allé au fond des choses, il aurait dû s'apercevoir d'abord que ce n'était pas ma perspicacité, mais bien celle de M. Ch. Wiener, qui a découvert le postulatum

---

(1) *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 3e année. Voir plus haut, p. 73.

(2) *Die unbegrenzten regelmässigen Punktsysteme als Grundlage einer Theorie der Krystallstructur*. Karlsruhe, Braun. — 1876.

de Bravais, comme je l'ai dit à la page 2 de la brochure mentionnée, et comme je l'ai développé plus explicitement dans un mémoire détaillé sur les systèmes réguliers de points dans le plan [1], cité à la page 3 de cette même brochure. Mais passons, et occupons-nous de l'argumentation de M. de Lapparent.

Son point de départ est le principe expérimental suivant :

« Si dans un corps cristallisé homogène on étudie les diverses propriétés physiques suivant toutes les directions qui divergent à partir d'un point déterminé, on trouve que ces propriétés ne dépendent que des directions suivies et sont indépendantes de la position du point de départ.

» En d'autres termes, il existe, dans le cristal, une infinité de points caractérisés par une égale distribution des propriétés physiques autour de chacun d'eux ; » d'où l'on conclut que la distribution de la matière est la même autour de chacun d'eux ; comme Delafosse et Bravais en ont déduit aisément que ces *points homologues* en nombre infini, ont une distribution parallélipipédique, ou, selon mon expression, forment un « Raumgitter » (réseau d'espace).

Enfin on trouve facilement que les polyèdres moléculaires (composés d'atomes), dont les centres de gravité forment un tel réseau d'espace, doivent tous être orientés de la même façon.

Grâce à cette chaîne de conclusions l'orientation parallèle est sanctionnée par l'expérience pour tous les polyèdres moléculaires dans les cristaux. Il faut par conséquent rejeter une théorie, qui n'embrasse pas l'orientation parallèle de toutes les molécules dans le cristal. — Telle est la manière de voir de M. de Lapparent.

Cette argumentation, qui suit entièrement la doctrine de Bravais, a quelque chose d'éblouissant. Son point faible est si caché, que la plupart ne l'ont pas aperçu ; et même après avoir eu connaissance de l'opinion contraire de M. Wiener, il m'a fallu quelque temps pour me rendre compte du défaut de la théorie de Bravais, à laquelle j'avais cru jusqu'alors. J'espère non seule-

---

[1] Borchardt, *Journal für Mathematik*. Bd. 77, p. 47. 1873.

ment convertir M. de Lapparent, mais aussi voir cette nouvelle théorie introduite à l'École des mines et aux Universités catholiques de Paris et de Lille, où l'on professe actuellement la théorie de Bravais, d'après la communication triomphante de M. de Lapparent.

La dernière des déductions faites : « les polyèdres moléculaires, dont les centres de gravité forment un réseau d'espace, doivent tous être orientés de la même façon » ne nous occupera pas, bien que M. de Lapparent y ajoute tant d'importance : elle est trop évidente pour paraître douteuse à qui que ce soit. Le doute se trouve plutôt dans l'interprétation de la déduction précédente (celle que nous avons attribuée plus haut à Delafosse et Bravais). Il suit en vérité du principe expérimental, qu'une infinité de points homologues doivent exister dans un cristal homogène; cela signifie que la distribution de la matière, dans n'importe quelle direction fixe de l'espace, est la même autour de chacun de ces points. Mais ces points homologues ne sont à présent que des points géométriques, et il n'est pas encore décidé si c'est en ces points et seulement en ces points, que se trouvent les centres de gravité des polyèdres moléculaires. Ensuite, s'il est vrai que les points homologues ont une distribution parallélipipédique, il ne faut pas en conclure, comme Bravais le fait, que les centres de gravité des polyèdres moléculaires ont la même distribution. Il n'y a que la conclusion suivante qui soit légitime.

Soumettons un tel réseau parallélipipédique de points homologues à un déplacement infiniment petit parallèlement avec lui-même dans le cristal non déplacé : et nous trouverons que tous les points, occupés maintenant par le réseau, sont aussi homologues entre eux, cela veut dire que la distribution de la matière est la même autour de chacun de ces nouveaux points. Le déplacement étant infiniment petit, mais d'ailleurs complètement arbitraire, le cristal doit avoir une infinité de réseaux congrus, qui sont parallèles entre eux, et dont chacun est formé de points homologues. Quelques-uns de ces réseaux porteront des centres de gravité de molécules, d'autres n'en porteront pas.

Parmi tous ces réseaux il y en a qui se distinguent. Tous les

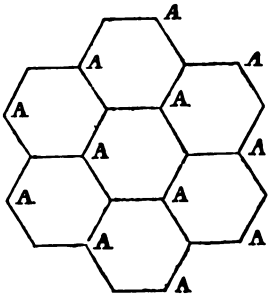
cristaux, à l'exception de ceux du système triclinique, ont des axes de symétrie, c'est-à-dire des lignes droites telles que, moyennant certaines rotations ou mouvements héliçoïdaux autour de ces lignes, on peut amener la coïncidence de l'assemblage moléculaire (d'extension infinie) avec lui-même. Quel que soit le point considéré d'un tel axe de symétrie, il existe des axes égaux et parallèles passant par tous les points qui lui sont homologues. Un réseau de tels points homologues, possédant des axes de symétrie parallèles, est appelé « réseau principal. » A présent on peut faire deux suppositions différentes : une spéciale et une générale. Bravais fait la supposition spéciale en admettant arbitrairement que les centres de gravité de molécules coïncident avec les points d'un réseau principal; moi je nie la nécessité de cette coïncidence, et j'accepte la supposition générale, en plaçant primitivement un point matériel à un endroit situé arbitrairement par rapport à un réseau principal. Quelle que soit la manière dont ce point matériel est situé par rapport au point le plus proche du réseau principal, il doit exister un point matériel homologue dans une situation identique relativement à tout autre point du réseau principal; sans cela la distribution de la matière ne serait pas la même autour des divers points du réseau principal. Ces points matériels sont donc rangés d'une manière parallélipipédique, et les polyèdres, représentés par eux, sont naturellement parallèles. Mais, en général, ces points matériels ne sont pas les seuls points du cristal entier. Car si l'on exécute les mouvements demandés par un axe de symétrie (par exemple des rotations répétées de 90°, si la symétrie est celle du système tétragonal), tous les points matériels prennent de nouvelles situations, et en général les polyèdres représentés par eux ne sont plus parallèles aux précédents. Il en résulte que le cristal entier est composé de plusieurs réseaux d'espace de Bravais, posés les uns entre les autres (quatre réseaux dans l'exemple ci-dessus).

Imaginons cependant le cas spécial, où le point matériel primitivement donné tombe justement dans un point d'un réseau principal, les divers réseaux d'espace coïncideront : c'est la distribution de Bravais. On voit donc clairement que ma théorie n'est

point tellement contraire à celle de Bravais qu'elle en rejette tous les résultats; au contraire, elle la généralise et embrasse tous les réseaux d'espace de Bravais comme des cas spéciaux. M. de Lapparent soutient donc quelque chose d'absolument impossible, lorsqu'il dit que la théorie de Bravais fournit un nombre de variétés encore supérieur aux systèmes de M. Sohncke. M. de Lapparent n'est pas allé assez au fond des choses! Dans ces circonstances on ne saurait ajouter aucune importance à son assertion que je n'aie pas compris la doctrine de Bravais sur l'hémiédrie.

Il ne sera pas inutile de donner un exemple assez simple d'un tel système de points réguliers de plus grande généralité; et je me bornerai pour plus de facilité à une distribution de points dans le plan. Des hexagones réguliers congrus, dont les côtés sont contigus et dont les angles seulement portent des points matériels, fournissent un cas très spécial d'un système de points réguliers de caractère hexagonal.

Ce système suffit à la notion de la régularité, car la distribution des points matériels est la même pour tous ces points; ainsi, aucun point du système ne possède une préférence de la situation relative aux autres points du système. Pour nous en convaicre, figurons-nous que le système soit inflexible et que les points soient doublés de la façon que deux systèmes congrus coïncident. On peut alors déplacer l'un des deux systèmes et le faire coïncider avec l'autre d'une infinité de manières différentes, en effectuant des translations ou des rotations propres à faire coïncider arbitrairement un point matériel d'un système avec n'importe quel point matériel de l'autre. La figure, qui rappelle des cellules d'abeilles, fait voir immédiatement que les centres des hexagones (qui sont tous libres de points matériels) forment un réseau hexagonal de Bravais. Ce sont des points homologues, car ils accomplissent la condition principale, qui est déduite du



principe expérimental, savoir : « la distribution de la matière, regardée dans n'importe quelles directions fixes de l'espace, est la même autour de chacun de ces points ; » et pourtant il est évident que les points *matériels* ne constituent pas un réseau parallélogrammatique de Bravais.

Puis si l'on tire des lignes parallèles de direction arbitraire, qui sortent des centres des hexagones et qui soient de longueur arbitraire, mais égale entre elles, les extrémités de toutes ces lignes formeront de même un réseau de points homologues, c'est-à-dire que, autour de chacune de ces extrémités, la distribution de la matière sera la même.

Parmi tous ces réseaux congrus il y a un réseau principal, formé par les centres des hexagones, car un axe de symétrie hexagonal s'élève par chaque centre perpendiculairement au plan du réseau ; ainsi la figure coïncide avec elle-même par des rotations de 60° autour d'un centre quelconque. De cette manière un point matériel touchera de suite les six coins d'un hexagone. D'autres systèmes réguliers à des axes de symétrie hexagonal sont composés de six réseaux de Bravais ; mais le système expliqué ici, qui est un des plus spéciaux, n'est formé que de deux pareils réseaux congrus. Pour s'en convaincre, il suffit de marquer trois angles alternants d'un hexagone (par exemple en ajoutant la lettre A) et de continuer de cette manière ; alors tous les points marqués constitueront un réseau hexagonal de Bravais, et les points non marqués formeront de même un réseau congru au précédent et qui coïncidera avec celui-ci par une rotation de 180° autour d'un point, qui est au milieu de deux points matériels voisins. Le système est donc composé de deux réseaux de Bravais. — Enfin je voudrais mentionner exprès, qu'à une ligne droite, tirée par deux points voisins du système, les points ne sont pas placés à égale distance les uns des autres, mais qu'ils alternent à deux intervalles différents.

Pour rejeter toutes les objections que l'on peut emprunter aux propriétés physiques des milieux cristallisés, il faut considérer jusqu'à quelles limites nous conduisent l'expérience et l'observation. Quelles que soient les observations que l'on fasse, il est

impossible d'étudier les propriétés physiques le long d'une ligne droite, qui soit exactement une ligne géométrique et qui parte d'un véritable point. On ne saurait soumettre à l'observation qu'une partie de largeur sensible. Si l'on érafle, par exemple, la surface d'un cristal pour en examiner la dureté, on ne trace point une ligne mathématique, mais un sillon de largeur considérable vis-à-vis des distances moléculaires. De même un rayon de lumière, qui traverse un cristal, n'est pas une ligne géométrique, mais bien un mince cylindre; et la même chose se produit dans toutes les éventualités. On ne saurait donc décider si en vérité les propriétés sont partout les mêmes le long des lignes droites, menées par un point géométrique quelconque. Tout ce que l'expérience peut fournir ce sont uniquement les propriétés de molécules disposées sur une multitude de files parallèles, rangées étroitement les unes auprès les autres, lesquelles naturellement ne peuvent passer par un seul point. Si nous ne perdons pas de vue ce fait indubitable, nous concevrons qu'en général les expériences ne peuvent pas fournir des résultats parfaitement précis sur la distribution des molécules ; elles nous font voir seulement la symétrie générale du cristal. Il est donc impossible d'alléguer des expériences physiques pour prouver la vérité générale de la théorie de Bravais. Cette théorie n'est qu'une hypothèse, et elle est plus arbitraire que la théorie nouvelle, dans laquelle le principe de la distribution régulière des points suffit pour déduire tous les modes imaginables de la structure cristalline. Seulement il reste la question non résolue jusqu'à présent, quels sont ceux de ces modes de structure qui fournissent des positions d'équilibre stable pour des molécules congrues.

La partie la plus intéressante peut-être de la théorie nouvelle, c'est le fait qu'il y a beaucoup de systèmes réguliers dont les points sont distribués, à égale distance les uns des autres, sur une infinité d'hélices parallèles et équidistantes. Cette distribution m'a servi pour en déduire simplement la rotation du plan de polarisation dans les cristaux actifs ([1]), après que M. de Reusch

---

([1]) *Die Glimmer combination von Reusch und das optische Drehvermögen von Krystallen.* (POGGEND. ANNAL. D. PHYS., 1878. Erg. Bd. VIII, p. 16.)

eut fait voir les propriétés singulières de ses combinaisons de feuilles de mica disposées en escalier à vis. Il faut attribuer une structure héliçoïdale aux cristaux actifs; ceci a d'autant plus de probabilité que ces cristaux accusent déjà cette structure dans leurs formes. Il y a des systèmes héliçoïdaux même dans les deux classes de systèmes réguliers qui correspondent aux cristaux du système tesséral : d'où il suit que probablement la structure du chlorate de sodium est aussi héliçoïdale.

Mais ce n'est pas ici le lieu d'analyser en détail la théorie nouvelle; c'est pour cela que je voudrais renvoyer les lecteurs qui désireraient en avoir une connaissance plus profonde, à mon ouvrage en voie de publication : *Développement d'une théorie de la structure cristalline*. Cet ouvrage servira en même temps de réponse à toutes les objections que M. de Lapparent voudrait encore faire. Cependant je ne peux pas finir sans lui exprimer mes meilleurs remercîments de ce qu'il m'a donné l'occasion d'écarter quelques difficultés qui auraient pu s'opposer à la propagation de ma théorie.

RÉPLIQUE DE M. DE LAPPARENT.

M. Sohncke admet, comme Bravais et ses continuateurs, que, dans tout corps cristallisé, supposé homogène, il existe une infinité de points homologues, c'est-à-dire tels que la distribution de la matière soit la même autour de chacun d'eux. Il reconnaît que ces points homologues doivent occuper, dans l'espace, les nœuds d'un assemblage réticulaire ou parallélipipédique. Jusque-là, donc, nous sommes pleinement d'accord.

Mais, sous prétexte de construire une théorie tout à fait générale, M. Sohncke se refuse à admettre que, parmi ces points homologues, en nombre infini, que renferme un corps cristallisé, il puisse se trouver soit un centre de gravité, soit un sommet de polyèdre moléculaire. En effet, si un seul de ces éléments occupait un nœud d'un assemblage réticulaire, il faudrait, comme nous l'avons démontré dans notre première note, qu'il en fût de même de tous les autres et l'orientation identique de toutes les molécules deviendrait une nécessité.

Pour échapper à cette conséquence, M. Sohncke se pose le problème de mathématiques dont nous avons rappelé les termes et dont la solution lui a été fournie par le travail de M. Jordan.

Or, d'une part, n'y a-t-il pas contradiction manifeste à vouloir exclure de la catégorie des points homologues les points les plus semblables qui puissent exister dans un corps, à savoir les centres de gravité et les sommets de polyèdres moléculaires tous identiques? Comment admettre que, dans l'acte de la cristallisation, ces points si particuliers ont l'adresse de ne jamais venir se placer sur le réseau idéal que M. Sohncke consent encore à admettre, mais à condition que ses nœuds ne seront que des points géométriques dépourvus de toute réalité?

D'autre part, il ne faut pas oublier que le principe fondamen-

tal qui sert de base à la cristallographie et que nous avons rappelé tout à l'heure, est une notion expérimentale. C'est la traduction pure et simple de ce fait d'observation, que, si l'on étudie, à partir d'un point d'un cristal, les propriétés physiques dans toutes les directions qui divergent autour de ce point, les résultats qu'on obtient ne dépendent que des directions suivies et sont les mêmes, *quel que soit le point de départ choisi.*

Or ce point à partir duquel le minéralogiste étudie, soit la dureté, soit la conductibilité calorifique, soit la propagation de la lumière, est toujours *un point matériel*, c'est-à-dire un sommet ou un centre de polyèdre moléculaire. Ainsi la notion expérimentale qui a servi à poser le principe général n'a de sens que s'il s'agit de points matériels, ayant une existence réelle, et il est tout à fait abusif de la transporter, comme le fait M. Sohncke, à des systèmes dépourvus de toute réalité.

Mais encore, admettons pour un instant, malgré tous les motifs que nous venons d'indiquer, la légitimité de cette généralisation. Soit A un point idéal faisant partie du réseau d'espace de M. Sohncke; soit M le sommet moléculaire le plus voisin; joignons AM. Tous les homologues de A devront posséder une ligne égale et parallèle à AM, donc les points M formeront aussi un réseau parallèle et congruent. Il en sera de même des autres sommets moléculaires et là encore nous retrouverons l'identité d'orientation des molécules. Il nous paraît impossible d'échapper à cette démonstration si l'on reste dans la rigueur du principe, c'est-à-dire si l'on admet que les points homologues sont caractérisés rar l'*égale distribution de la matière autour de chacun d'eux.*

Ainsi la théorie de Bravais ne choque en rien les principes et n'exige aucune espèce de postulatum. De plus, et c'est là son immense supériorité sur celle de M. Sohncke, elle constitue une doctrine à la fois *géométrique* et *physique*, tandis que les combinaisons du savant professeur de Carlsruhe sont d'ingénieux artifices *purement géométriques*, dont la raison d'être physique n'est ni indiquée ni même soupçonnée. Bien mieux, M. Sohncke lui-même a le sentiment que l'équilibre statique de molécules diversement

orientées serait difficile à justifier mécaniquement. Quoi de plus naturel, en effet, que de voir les molécules juxtaposées prendre, en cristallisant, l'orientation qui convient le mieux à l'équilibre de leurs centres en raison de la forme de chacune d'elles, orientation qui, dès lors, au moins dans un champ déterminé, doit être la même pour toutes ?

Il en est de même de l'hémiédrie. M. Sohncke croit en avoir donné la raison en cherchant à établir que chaque genre d'hémiédrie tient à la symétrie héliçoidale plus ou moins compliquée de l'assemblage moléculaire. Mais pourquoi cet assemblage a-t-il été choisi? par quels motifs les molécules ont-elles été amenées à le préférer. Ici la théorie de M. Sohncke reste et restera toujours muette.

Au contraire, imagine-t-on rien de plus simple et de plus admirable à la fois que cette notion posée par Bravais et qui place la raison d'être de l'hémiédrie dans la différence de symétrie des assemblages cristallins et des polyèdres moléculaires? Ces assemblages, par cela seul qu'ils doivent être parallélipipédiques, ne comportent que sept genres différents de symétrie; mais les molécules sont des polyèdres quelconques, dont la symétrie n'est soumise à aucune restriction. Contiennent-elles tous les éléments de symétrie de l'assemblage, il y a holoédrie; quelques-uns de ces éléments font-ils défaut dans la molécule, il y a hémiédrie. Ainsi le phénomène n'est pas seulement analysé au point de vue géométrique; Bravais en donne la raison d'être physique, en même temps qu'il fournit un guide infaillible à ceux qui voudraient aborder le problème de la forme des polyèdres moléculaires. Qu'il y a loin de là aux conceptions de M. Sohncke, dans lesquelles il faut admettre, sans en entrevoir la raison, que certaines molécules obéissent à une véritable fantaisie géométrique par pur amour de la complication !

M. Sohncke insiste sur l'explication, si satisfaisante, d'après lui, que sa théorie donne de la polarisation rotatoire. Il oublie que M. Mallard, dans ses remarquables études sur les anomalies optiques des cristaux, l'a expliquée d'une manière non moins satisfaisante et, physiquement, beaucoup plus plausible, par un

empilage méthodique de lames minces cristallines. Et puisque nous venons de prononcer le nom de M. Mallard, nous nous permettrons de renvoyer le savant professeur de Carlsruhe aux travaux que le continuateur de Bravais a récemment publiés sur l'hémitropie. Il verra comment, en introduisant cette notion, si naturelle et si justifiée par l'expérience, de l'*isomorphisme des réseaux*, M. Mallard a pu rendre compte d'une foule de faits cristallographiques inexpliqués et, sans sortir un instant de la pure doctrine de Bravais, ajouter à sa couronne de nouveaux fleurons.

En résumé, la doctrine de Bravais, avec les compléments qu'elle a reçus de M. Mallard, conserve, à nos yeux, sur les théories ultérieures de M. Sohncke, toute la supériorité que nous lui avions attribuée. Elle est intimement liée à la réalité des faits; elle n'explique pas seulement la disposition des molécules cristallines, elle en indique la cause. Nous persistons donc à croire que c'est faire reculer la cristallographie que de vouloir substituer de simples subtilités de haute géométrie à cet harmonieux ensemble de géométrie élémentaire et de physique moléculaire qui caractérise l'œuvre du savant français.

NOTE

SUR

QUELQUES PRINCIPES FONDAMENTAUX D'ANALYSE

PAR

P. MANSION,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE GAND.

I

PRÉLIMINAIRES.

La limite d'une fonction de deux variables, F (x, y), pour $x = x_0$, $y = y_0$ peut être différente, suivant que x et y tendent simultanément vers leurs limites ou non. Ainsi, par exemple, la fonction $\left(\frac{y}{y+x} + x + y\right)$, où l'on suppose que x et y tendent vers zéro, donne lieu aux trois relations suivantes :

$$\operatorname{Lim}\left[\left[\frac{y}{y+x}+x+y\right]_{y=0}\right]_{x=0} = \lim (x)_{x=0} = 0,$$

$$\operatorname{Lim}\left[\left[\frac{y}{y+x}+x+y\right]_{x=0}\right]_{y=0} = \lim (1+y)_{y=0} = 1,$$

$$\operatorname{Lim}\left[\frac{y}{y+x}+x+y\right]_{x=0,\ y=0} = \lim \frac{y}{y+x}.$$

Faute d'avoir tenu compte de la remarque précédente, on a souvent énoncé, avec trop peu de précision, les conditions nécessaires pour l'existence de maintes formules d'analyse. Nous allons en rappeler un exemple, bien connu du reste. Il servira d'introduction à la présente note, où nous signalons un vice de raison-

nement, dans la démonstration de trois principes fondamentaux d'analyse.

Soit une série convergente :

$$u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + \cdots$$

dont tous les termes u sont fonctions continues d'une variable x, entre les limites x_0 et X. Soit S la somme de cette série. Posons

$$S = u_1 + u_2 + \cdots + u_n + r_n.$$

Le reste r_n est une fonction $f(x, n)$, qui, par définition, pour une valeur donnée de x, comprise entre x_0 et X, a pour limite 0, quand n croît indéfiniment. Il ne résulte pas de là que, si x et n *varient simultanément*, n croissant de manière à dépasser un nombre quelconque et x prenant diverses valeurs comprises entre x_0 et X, il ne résulte pas de là, dis-je, que r_n ait pour limite zéro (*).

Ainsi, quand

$$u_n = n^2x^2e^{-n^2x^2} - (n+1)^2x^2e^{-(n+1)^2x^2},$$

on a, quel que soit x,

$$S = x^2e^{-x^2}, \quad r_n = (n+1)^2x^2e^{-(n+1)^2x^2}.$$

Pour une valeur fixe quelconque de x, $\lim r_n = 0$, si n croît indéfiniment. Mais si n et x varient simultanément de manière que $(n+1)x = 1$, r_n pour n croissant indéfiniment reste égal à e^{-1}, et par conséquent ne tend pas vers 0.

Si

$$u_n = 2n^2x\,e^{-n^2x^2} - 2(n+1)^2x\,e^{-(n+1)^2x^2},$$

on a, pour toute valeur de x,

$$S = 2xe^{-x^2}, \quad r_n = 2(n+1)^2x\,e^{-(n+1)^2x^2} = \frac{(n+1)^2x^2}{e^{(n+1)^2x^2}} \cdot \frac{2}{x}.$$

Pour une valeur fixe quelconque de x, $\lim r_n = 0$, si n croît indéfiniment. Mais si n et x varient simultanément de manière que $(n+1)x = 1$, $r_n = \frac{2}{xe}$, pour n croissant indéfiniment, croît aussi indéfiniment.

(*) Cette remarque importante est due à M. WEIERSTRASS. Voir HEINE, *Journal de Crelle*, t. LXXI, p. 353. Comparez CAUCHY, dans les *Comptes rendus*, t. XXXVI, pp. 456-458.

Ces deux exemples très simples, empruntés au *Mémoire* de M. Darboux *sur les fonctions discontinues*, mettent très bien en lumière l'importante remarque de Weierstrass : il ne suffit pas qu'une série soit convergente, entre certaines limites x_0, X de la variable, pour qu'on puisse l'intégrer entre ces limites comme un polynôme algébrique. Il n'est pas certain, en effet, que $R_n = \int_{x_0}^{X} r_n dx$ ait pour limite 0, quand n croît indéfiniment. Un ou plusieurs des éléments de l'intégrale, par exemple, dans la dernière série, celui qui correspond à $(n+1)x = 1$ et les éléments voisins peuvent avoir un facteur qui croît indéfiniment avec n, et R_n peut, par suite, tendre vers une limite non nulle.

II

DÉRIVATION DES INTÉGRALES DÉFINIES SOUS LE SIGNE.

Soit une intégrale définie

$$F(\alpha) = \int_{x_0}^{X} f(x, \alpha)\, dx,$$

dépendant d'un paramètre variable α, qui n'entre pas dans les limites x_0, X. On trouve aisément :

$$\frac{F(\alpha + \Delta\alpha) - F(\alpha)}{\Delta\alpha} = \int_{x_0}^{X} \left[\frac{f(x, \alpha + \Delta\alpha) - f(x, \alpha)}{\Delta\alpha}\right] dx.$$

Pour une valeur déterminée de x, on a

$$\frac{f(x, \alpha + \Delta\alpha) - f(x, \alpha)}{\Delta\alpha} = f'_\alpha(x, \alpha) + \varepsilon_{\Delta\alpha},$$

$\varepsilon_{\Delta\alpha}$ étant une fonction $\varphi(x, \Delta\alpha)$, de x et de $\Delta\alpha$, qui a pour limite 0, en même temps que $\Delta\alpha$.

Par suite,

$$\frac{F(\alpha + \Delta\alpha) - F(\alpha)}{\Delta\alpha} = \int_{x_0}^{X} f'_\alpha(x, \alpha)\, dx + \int_{x_0}^{X} \varphi(x, \Delta\alpha)\, dx.$$

On tire de là, en prenant la limite des deux membres,

$$F'(\alpha) = \int_{x_0}^{X} f'_\alpha(x, \alpha)\,dx + l,$$

en posant

$$l = \lim \int_{x_0}^{X} \varphi(x, \Delta\alpha)\,dx,$$

pour $\Delta\alpha = 0$.

On admet d'ordinaire que $l = 0$, parce que $lim\ \varphi(x, \Delta\alpha) = 0$, pour une valeur fixe quelconque de x. Mais cette conclusion n'est pas plus légitime que celle de la plupart des manuels relative à $R_n = \int_{x_0}^{X} r_n dx$, dans la théorie des séries. La fonction $\varphi(x, \Delta\alpha)$, dont la limite est nulle quand $\Delta\alpha$ tend vers 0, pour une valeur fixe quelconque de x, peut avoir une limite finie ou croître indéfiniment, quand x et $\Delta\alpha$ varient simultanément. Un ou plusieurs des éléments de $\int_{x_0}^{X} \varphi(x, \alpha)\,dx$ peuvent donc avoir un facteur $\varphi(x, \alpha)$ croissant indéfiniment quand $\Delta\alpha$ tend vers 0. Par conséquent, rien ne prouve que $l = 0$.

Pour voir dans quel cas $l = 0$, on peut chercher la valeur maxima φ_M et la valeur minima φ_m de $\varphi(x, \Delta\alpha)$. On aura

$$\varphi_m \int_{x_0}^{X} dx < \int_{x_0}^{X} \varphi(x, \alpha)\,dx < \varphi_M \int_{x_0}^{X} dx,$$

ou

$$\varphi_m (X - x_0) < \int_{x_0}^{X} \varphi(x, \alpha)\,dx < \varphi_M (X - x_0).$$

Si φ_m et φ_M, qui sont des fonctions de $\Delta\alpha$, ont pour limite 0, en même temps que $\Delta\alpha$, on aura $l = 0$.

Si l'une des limites de l'intégrale est infinie, ce dernier raisonnement ne peut même plus être employé, puisque $X - x_0$ est infini. Cependant, c'est presque exclusivement dans ce cas, le plus difficile de tous, ou bien dans le cas équivalent où $f(x, \alpha)$ devient infini entre les limites de l'intégration, que les traités de calcul intégral ont appliqué la formule

$$F'(\alpha) = \int_{x_0}^{X} f'_\alpha(x, \alpha)\,dx.$$

Il y a donc lieu, comme on le voit, de soumettre ce chapitre d'analyse à une révision sévère.

III

SUR LE DÉVELOPPEMENT DES FONCTIONS EN SÉRIES PAR LE THÉORÈME DE TAYLOR.

Soit Fx une fonction de x, continue, ainsi que toutes ses dérivées, pour les valeurs de x, comprises entre 0 et x. On a, comme l'on sait,

$$Fx = F0 + \frac{x}{1} F'0 + \frac{x^2}{1.2} F''0 + \cdots + \frac{x^{n-1}}{1.2\ldots(n-1)} F^{n-1}0 + R_n,$$

R_n étant une fonction de n et de x, que Lagrange a mise sous la forme :

$$R_n = \frac{x^n}{1.2\ldots n} F^n(\theta x), \quad 0 < \theta < x.$$

Si n croît indéfiniment, le premier facteur de R_n, pour $n = \infty$, a pour limite 0. Le second facteur est regardé d'ordinaire, comme n'ayant aucune influence sur la limite du second membre, parce que, pour une valeur quelconque de x, $F^n x$ a une valeur finie, quand n croît indéfiniment.

Ce raisonnement, encore une fois, est vicieux. Certes $F^n x$, par hypothèse, reste finie pour une valeur *fixe* quelconque de x, quand n croît indéfiniment. Mais rien ne prouve que $F^n x$ jouisse encore de cette propriété, quand n et la valeur de la variable varient simultanément. L'expression $F^n(\theta x)$, à cause de θx, qui probablement dépend de n, est une fonction de n et de x, dont la limite, pour $n = \infty$, peut donc être infinie.

Pour voir si ce second facteur $F^n(\theta x)$ de R_n reste fini, il suffit, encore une fois, de chercher sa valeur maxima et sa valeur minima, ou plutôt deux quantités M, m entre lesquelles il reste compris, et de voir vers quelles limites M et m tendent pour $n = \infty$. La plupart des auteurs, qui ne donnent pas avec précision la condition pour que $\lim R_n = 0$, dans le cas général, procèdent de la manière indiquée ici, dans les cas particuliers.

M. P. du Bois-Reymond croit avoir trouvé une fonction continue ainsi que toutes ses dérivées, pour toute valeur de x, et qui, pourtant, n'est pas développable en série par la formule de Taylor (*). C'est la suivante :

$$Fx = \frac{1}{1.2}\frac{x^2}{x^2+a_1^2} - \frac{1}{1.2.3.4}\frac{x^4}{x^2+a_2^2}$$
$$+ \frac{1}{1.2...6}\frac{x^6}{x^2+a_3^2} - \frac{1}{1.2...8}\frac{x^8}{x^2+a_4^2} + \text{etc.};$$

Les constantes a_1^2, a_2^2, a_3^2, ... sont des quantités positives indéfiniment décroissantes, de sorte que $\lim a_n^2 = 0$, pour $n = \infty$. D'après le théorème de Cauchy sur le cercle de convergence des séries obtenues par le théorème de Taylor, celui du développement de Fx, s'il existait, devrait avoir un rayon égal à $\lim a_n$ ou zéro. En effet, Fx est infini pour $x = a_1 i$, $a_2 i$, $a_3 i$, ... ($i = \sqrt{-1}$).

La remarque générale faite plus haut sur la limite de $F^n(\theta x)$ pour $n = \infty$, permet d'expliquer, d'une manière élémentaire, la possibilité du curieux phénomène signalé par M. P. du Bois-Reymond.

IV

RÈGLE DE DÉRIVATION DES FONCTIONS COMPOSÉES.

Soient $y = F(u, v)$, $u = \varphi(x)$, $v = \psi(x)$. On démontre, ordinairement, comme il suit, la règle de dérivation de la fonction F, par rapport à x. On a

$$\Delta u = \varphi(x + \Delta x) - \varphi(x), \quad \Delta v = \psi(x + \Delta x) - \psi(x),$$
$$\Delta y = F(u + \Delta u, v + \Delta v) - F(u, v)$$
$$= [F(u + \Delta u, v + \Delta v) - F(u, v + \Delta v)]$$
$$+ [F(u, v + \Delta v) - F(u, v)].$$

(*) *Münchener Bericht*, 1876, pp. 226-227.

Si l'on suppose Δv *fixe*, on a, pour Δu tendant vers 0,

$$\lim \frac{F(u+\Delta u, v+\Delta v) - F(u, v+\Delta v)}{\Delta u} = F'_u(u, v+\Delta v);$$

ou

$$\frac{F(u+\Delta u, v+\Delta v) - F(u, v+\Delta v)}{\Delta u} = F'_u(u, v+\Delta v) + \varepsilon_{\Delta u},$$

$\varepsilon_{\Delta u}$ ayant pour limite 0, quand Δu tend vers 0, Δv *restant fixe.*

Ensuite, si $F'_u(u, v)$ est une fonction continue par rapport à v, on peut écrire

$$F'_u(u, v+\Delta v) = F'_u(u, v) + \varepsilon'_{\Delta v}$$

$\varepsilon'_{\Delta v}$ ayant pour limite 0, en même temps que Δv.

Donc enfin

$$\frac{F(u+\Delta u, v+\Delta v) - F(u, v+\Delta v)}{\Delta u} = F'_u(u, v) + \varepsilon_{\Delta u} + \varepsilon'_{\Delta v},$$

On trouve, de la même manière :

$$\frac{F(u, v+\Delta v) - F(u, v)}{\Delta v} = F'_v(u, v) + \varepsilon''_{\Delta v},$$

$\varepsilon''_{\Delta v}$ ayant aussi pour limite 0, en même temps que Δv.

Les deux dernières relations permettent d'écrire la valeur de

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{F(u+\Delta u, v+\Delta v) - F(u, v+\Delta v)}{\Delta u}\frac{\Delta u}{\Delta x} + \frac{F(u, v+\Delta v) - F(u, v)}{\Delta v}\frac{\Delta v}{\Delta x},$$

sous la forme

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \left[F'_u(u, v) + \varepsilon_{\Delta u} + \varepsilon'_{\Delta v}\right]\frac{\Delta u}{\Delta x} + \left[F'_v(u, v) + \varepsilon''_{\Delta v}\right]\frac{\Delta v}{\Delta x}.$$

Ordinairement, on tire de là :

$$\frac{dy}{dx} = F'_u(u, v)\frac{du}{dx} + F'_v(u, v)\frac{dv}{dx},$$

par le raisonnement suivant. Si Δx tend vers 0, il en est de même de Δu, Δv, et, par suite, de $\varepsilon_{\Delta u}$, $\varepsilon'_{\Delta v}$, $\varepsilon''_{\Delta v}$. Donc, la dernière éga-

lité, par un principe évident de la méthode des limites, est une conséquence de l'avant-dernière.

Ce raisonnement, très-plausible en apparence, renferme un paralogisme. De ce que $\varepsilon_{\Delta u}$ a pour limite 0, quand Δu tend vers 0, Δv *étant fixe*, il ne s'ensuit pas que $\varepsilon_{\Delta u}$ ait encore la même limite, quand Δx, et, par suite, Δu et Δv tendent simultanément vers 0.

On doit donc, selon nous, renoncer à démontrer la règle de la dérivation des fonctions composées, par la méthode précédente; car, pour la rendre admissible, il faudrait prouver, pour chaque espèce de fonction composée, que $\varepsilon_{\Delta u}$ a pour limite 0, même quand Δu, Δv tendent simultanément vers 0. Il est beaucoup plus facile d'établir directement l'exactitude de la règle connue, successivement pour une somme, un produit, un quotient, une exponentielle u^v, un logarithme d'une fonction u, la base du système étant une autre fonction, etc. C'est ainsi qu'ont procédé Newton, Leibniz et leurs successeurs immédiats. D'ailleurs, il reste des traces de cette manière de procéder dans tous les manuels d'analyse infinitésimale.

V

CONCLUSION.

Les questions précédentes ne sont pas les seules où l'on indique avec trop peu de précision à quelles conditions on peut chercher la limite d'une fonction de deux variables, indifféremment, en supposant que ces variables tendent simultanément vers leurs limites, ou non. Il y aurait lieu, à ce point de vue, de reviser, par exemple, la recherche des limites de sommes doubles ou triples, au moyen des intégrales doubles ou triples, et plusieurs questions qui en dépendent. Mais les cas particuliers traités dans cette note suffisent pour attirer l'attention des analystes sur les précautions à prendre, quand il s'agit de trouver la limite d'une fonction de plusieurs variables.

31 octobre 1878.

ÉTUDES

DE

CHIMIE MOLÉCULAIRE

PAR

M. Louis HENRY,

Professeur de Chimie à l'Université catholique de Louvain.

INTRODUCTION.

Un des buts principaux des sciences physiques, je devrais même dire leur but principal, est l'établissement des rapports naturels des choses. C'est par des comparaisons logiquement établies entre les choses elles-mêmes, que ces rapports se dévoilent à l'esprit. Une condition essentielle, d'une nécessité évidente comme tout ce qui ressort directement du bon sens, à observer dans cette recherche, est de ne rapprocher, de ne comparer que des choses ou des objets réellement comparables.

Transportée dans le domaine de la chimie et traduite dans son langage, cette condition générale de tout travail entrepris dans un but véritablement scientifique, consiste à n'établir de comparaison qu'entre les *molécules chimiques* elles-mêmes. Les molécules sont, en effet, pour les chimistes, les *véritables individus chimiques*, ce sont les corps eux-mêmes dans leur plus simple et tout à la fois, dans leur complète expression. Les molécules trouvent une représentation graphique, simple et concise, quelquefois même assez parfaite, et en tout cas susceptible d'un grand degré de précision, dans ces symboles, que l'on appelle les *formules chimiques*, d'un usage général aujourd'hui.

On le sait, c'est à Berzélius que la chimie est redevable de l'invention de ces symboles, si expressifs dans leur laconisme. Quelqu'un a dit, et à mon sens, avec une complète raison, qu'en apprenant à les construire, l'illustre chimiste suédois avait rendu à la science un service plus grand que par la découverte de maint corps simple qu'il a eu la bonne fortune de rencontrer et l'habileté d'isoler dans le cours de ses admirables travaux d'analyse.

Hâtons-nous cependant de remarquer que les formules n'acquièrent leur pleine et entière utilité que pour autant qu'elles sont l'exacte, la fidèle et la complète représentation des molécules des corps, des corps entre lesquels se passent les actions chimiques, des corps que nous possédons en réalité et qui sont en réalité aussi l'objet de nos comparaisons et de nos rapprochements. Cette représentation devient exacte et complète alors seulement que la formule indique du même coup, les trois données fondamentales de la manière d'être de la molécule, à savoir : la *nature* de ses éléments constitutifs, les quantités *réelles*, ou d'une manière plus précise dans l'ordre des idées actuelles, *les nombres réels* des atomes de chacun de ceux-ci qui s'y trouvent renfermés et enfin *leurs rapports de combinaison*.

Avouons-le bien vite et sans détour, nous sommes aujourd'hui bien loin de là; nos connaissances des corps, au point de vue moléculaire, sont, en chimie minérale surtout, bien incomplètes. Non seulement le nombre des composés dont on a essayé avec succès de déterminer la constitution et la structure est fort restreint, mais il en est un grand nombre, je pourrais même dire la plupart, auxquels nous sommes encore dans l'impuissance d'attribuer une formule exprimant, d'une manière vraisemblable, la véritable grandeur et le poids réel de la molécule. Les formules dont on fait usage en chimie minérale ne sont en effet, dans la majorité des cas, que des formules *brutes*, des formules relatives, *minima*, indiquant exclusivement la nature et les rapports de poids ou d'atomes des éléments constitutifs de la combinaison, mais totalement muettes sur les quantités *absolues* de matière, sur les nombres *réels* des atomes rassemblés dans la molécule, ne donnant par conséquent aucune idée ni de sa gran-

deur ni de son poids absolus, et à plus forte raison de sa structure interne.

Les propriétés des corps composés n'apparaissent pas au hasard dans ceux-ci; elles dérivent, pour une part, principale sans doute, de la nature des éléments constitutifs de la molécule, mais elles tiennent aussi à la constitution intime de celle-ci, et enfin à sa grandeur et à son poids. C'est encore à Berzélius que nous devons l'introduction dans la science de la notion si féconde de l'*isomérie*, idée classique aujourd'hui et dont l'importance va grandissant tous les jours à mesure que nous pénétrons plus profondément dans la connaissance des corps, car on peut dire que, sans elle, l'étude rationnelle des innombrables composés qui constituent l'empire sans limites du carbone est absolument inabordable. Quoi qu'il en soit, chacun de ces trois grands facteurs de la diversité des corps composés exerce une influence spéciale et prépondérante sur certains genres de propriétés. Si l'activité propre des corps, au point de vue chimique, dépend surtout de la nature essentielle des atomes constitutifs de la molécule et de la constitution de celle-ci, en revanche, l'élévation de son poids influe puissamment sur les propriétés physiques et mécaniques, l'état physique, la fixité ou la volatilité, la solubilité même, etc.

Quoi qu'il en soit de la spécialisation de cette dépendance, les propriétés dans les corps considérés individuellement ou relativement, les uns par rapport aux autres, leurs analogies et leurs différences, ne se comprennent bien que pour autant que l'on en possède la connaissance au point de vue moléculaire, laquelle trouve son expression dans les formules.

Autant l'attribution aux divers composés, de formules rationnelles et vraies, complètes dans leur signification, peut rendre de service au point de vue de l'étude systématique, autant l'attribution de formules imparfaites, artificielles ou fausses, même de formules incomplètes et n'exprimant que de simples rapports, peut avoir de fâcheuses conséquences. De telles formules égarent l'esprit en obscurcissant ou même en cachant totalement les rapports réels des corps, elles en établissent et en créent d'ima-

ginaires, éloignant ce qui doit être rapproché et rapprochant ce qui doit être éloigné.

Il en est des formules en chimie, comme du style en histoire, elles doivent satisfaire aux mêmes exigences. Un illustre historien français qui fut un homme d'État célèbre, à la fois grand écrivain et grand orateur dans son genre, a dit quelque part [1] que la phrase doit être comme une glace d'une transparence parfaite, à travers laquelle les faits s'aperçoivent dans leur complète et fidèle réalité. Nos formules doivent être aussi des glaces à travers lesquelles les corps doivent être vus, tels qu'ils sont, dans ce qu'ils ont de fondamental et non des écrans pour les cacher ou des travestissements pour les défigurer.

La plupart des formules moléculaires en usage aujourd'hui dans l'école, se rapportent à l'état gazeux *parfait*. Ces formules sont sans doute excellentes pour les corps dont l'état *normal* est l'état gazeux, mais leur usage exclusif est à mon sens insuffisant et crée une lacune regrettable dans l'étude comparative des corps, tant au point de vue individuel que général. Le nombre des corps naturellement gazeux est en effet fort restreint et si le nombre de ceux qui sont susceptibles de le devenir est assez considérable, en revanche il en est beaucoup encore qui ne le sont pas et qui, d'une fixité absolue ou relative, résistent à l'action des températures les plus élevées ou en sont décomposés.

Nos formules moléculaires actuelles sont donc nécessairement insuffisantes, inapplicables à de nombreux composés et inapplicables aux divers états par lesquels peut artificiellement passer un même corps. J'ajouterai même que ces formules, se rapportant à l'état de gaz *parfait*, ne nous renseignent pas sur la nature moléculaire de ces mêmes corps auxquels elles se rapportent, à l'état de gaz dans les conditions ordinaires. Ainsi en est-il, pour ne rappeler que des exemples classiques, des formules du soufre et des acides gras, du moins des premiers termes de cette longue série.

---

[1] *Histoire du Consulat et de l'Empire*, tome XII (1856). Avertissement de l'auteur sur les conditions du style en histoire, page XVII. (Édition belge.)

Il est en tous points hautement à désirer que les formules moléculaires représentatives des corps se rapportent à leur état naturel et que des formules diverses soient recherchées pour les divers états physiques qu'ils peuvent affecter naturellement ou artificiellement. Là est le seul moyen d'éviter les malentendus, les difficultés artificielles, les fausses analogies entre corps dissemblables, et de conserver aux divers composés leur physionomie propre.

Il n'est personne qui, chargé d'enseigner la chimie, n'ait, dans le cours de ses méditations et, au milieu de ses leçons, constaté fréquemment, et avec un sentiment pénible, tant en chimie minérale qu'en chimie organique, des dissemblances de propriétés entre des corps, dissemblances souvent profondes et totalement en dehors des prévisions théoriques, d'autant plus étranges qu'elles atteignent des corps que leurs formules et l'analogie de leur composition rapprochent en apparence. On dit que ce sont là des exceptions et des anomalies; c'est facile à dire, mais derrière ces mots, les difficultés subsistent tout entières, embarrassant autant l'esprit du maître que celui de l'élève. On doit apporter, à mon sens, la plus grande réserve à qualifier les faits d'exceptionnels et d'anormaux; on jette par là le trouble dans les intelligences, on tend à donner une place au hasard dans la production et l'apparition des faits naturels; c'est la ruine des lois et des principes généraux. Il est bon d'ailleurs de se souvenir de cet antique adage, aussi applicable dans le monde physique que dans le monde moral, que les exceptions confirment la règle. Les véritables exceptions, les anomalies vraies n'ont aucune existence réelle; ces déviations apparentes dans les conséquences d'une cause générale connue tiennent à l'influence d'autres causes, d'autres facteurs agissant simultanément et dont l'existence reste momentanément dérobée à nos regards.

Parmi les difficultés que l'on rencontre dans l'étude comparative des corps, il en est d'un caractère particulièrement embarrassant et auxquelles il serait chimérique, dans les circonstances présentes, de vouloir donner une solution; mais il me semble qu'il en est d'autres et je crois en nombre plus considérable, au

fond purement artificielles, sans fondement réel, difficultés qui viendraient à s'évanouir d'elles-mêmes, si l'on arrivait à posséder une connaissance moins imparfaite des corps en qui elles s'incarnent, au point de vue moléculaire, si enfin la signification chimique de ces corps, par rapport à d'autres, venait à être clairement et sûrement précisée.

Ce point de vue d'après lequel l'étude des corps serait à faire, selon moi, n'est pas absolument nouveau ; le soufre et les acides gras, spécialement l'acide acétique, sont des exemples déjà anciens de corps que l'on distingue nettement au point de vue moléculaire, dans leurs divers états physiques. J'en pourrais citer d'autres encore; je m'abstiendrai de rappeler ceux qui résultent de mes propres études; on en trouve enfin plusieurs, fort intéressants, signalés dans le *Traité de Chimie organique* de M. Wislicenus. Mais il faudrait entrer plus résolûment dans cette voie et examiner, à la lumière de ces idées générales, la série tout entière des corps composés.

La détermination des molécules relatives des corps dans leurs divers états, touche d'ailleurs à une autre question du plus haut intérêt; cette étude n'est au fond que celle des rapports chimiques des divers états physiques sous lesquels se peuvent présenter les corps.

Les formules moléculaires en usage aujourd'hui se rapportant à l'état gazeux, leur mode principal de détermination repose sur la densité de la vapeur des corps qu'elles ont pour but de représenter. Ce procédé, simple et expéditif, est sans doute excellent pour tous les cas dans lesquels il est applicable; mais il est nécessaire d'en avoir d'autres à sa disposition pour l'établissement des molécules dans des états autres que l'état de gaz parfait. C'est dans l'étude complète des corps, sous leurs divers points de vue, que l'on trouvera des indications suffisantes pour se renseigner sur leur nature moléculaire. Les diverses circonstances qui caractérisent la molécule chimique, tant sous le rapport physique que sous le rapport chimique, sont en effet en connexion intime, et pour déterminer cette molécule, on peut faire appel à tout ce qui s'y rattache, soit dans son passé, soit dans

son présent, soit dans son avenir; dans son *passé*, examiner ses modes de formation, les circonstances diverses qui se rattachent à son origine chimique; dans son *présent*, scruter et tenir compte soigneusement de l'ensemble de ses propriétés, physiques, mécaniques, chimiques; dans son *avenir* étudier les réactions au milieu desquelles elle peut être engagée, ses produits de décomposition, ses métamorphoses, etc.

Cette étude complète des corps, tant au point de vue *statique* qu'au point de vue *dynamique*, faite tout à la fois sur chacun d'eux isolément et plus tard d'une manière comparative, fournit toujours, alors même qu'elle reste imparfaite, des renseignements précieux pour résoudre le problème qui nous occupe, but final des efforts des chimistes.

M'est-il bien nécessaire de dire que quand je parle de molécules *réelles*, de *formules moléculaires réelles*, je sais parfaitement bien que ces molécules ne sont au fond que des molécules *relatives*, de même que les formules qui les expriment. Nous ne savons et nous ne saurons jamais, ce qu'est véritablement, absolument, une molécule, car jamais on n'est parvenu et jamais on ne parviendra à en atteindre, à en isoler une seule; nous n'en possédons, nous n'en posséderons jamais que des groupements. Ce caractère de *réalité* que nous voulons donner à nos molécules et à nos formules est donc essentiellement un caractère de *réalité relative*. Mais ce à quoi il faut tendre et ce qu'il est nécessaire d'obtenir, c'est que ce caractère *relatif* se retrouve le même dans tous les corps indistinctement, qu'à tous soit appliquée une commune mesure, qu'entre les molécules *réelles*, dans le sens absolu du mot, et l'idée que nous nous en formons, les symboles par lesquels nous les représentons se rencontrent partout les mêmes rapports. Au fond, ce qu'il y a à déterminer et ce qu'il importe de déterminer, ce sont des rapports *réels* entre des corps *réels*; eh bien, ces rapports, d'analogie et de différence, restent les mêmes si, dans l'impuissance de les constater entre les choses elles-mêmes, en dehors de notre portée, intellectuelle ou physique, nous les recherchons entre ces choses elles-mêmes modifiées, mais modifiées simultanément et dans une commune me-

sure. N'est-il pas absolument vrai de dire que nos rapports tant avec nous-mêmes qu'avec le monde extérieur, persisteraient tels qu'ils sont actuellement, si, avec tout ce qui nous entoure, nous venions à être subitement modifiés, agrandis ou diminués, mais au même instant et dans une même mesure : quelque profondes que pussent être ces variations, elles seraient nulles pour nous et passeraient inaperçues; il n'y a qu'un spectateur étranger à notre globe qui serait à même d'en constater l'existence.

Il ressort de cet ensemble de considérations qu'il est de la plus haute importance, au point de vue de la connaissance philosophique des combinaisons chimiques, d'en faire une étude approfondie au point de vue moléculaire. L'établissement de formules moléculaires *réelles* pour les corps, c'est-à-dire de formules véritablement et universellement *comparables*, constitue donc un but éminemment digne de fixer l'attention et de stimuler les efforts des chimistes qui ont à cœur d'acquérir et d'étendre la connaissance des formes, si diverses et si multiples sous lesquelles la matière se présente à nos regards. C'est cette pensée qui m'a porté, depuis longtemps déjà, à entreprendre une série d'études expérimentales et théoriques sur des composés tant de la chimie minérale que de la chimie organique.

J'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à la section un premier mémoire élaboré dans ce but. Ce mémoire concerne une classe importante et nombreuse de composés, les oxydes métalliques.

J'aborderai dans des communications ultérieures, d'autres groupes de combinaisons.

PREMIÈRE PARTIE.

DES OXYDES EN GÉNÉRAL.

(MÉMOIRE PRÉSENTÉ A LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES LE 26 JUILLET 1877).

Le triomphe d'une théorie, c'est d'embrasser les faits les plus nombreux et les plus divers.
(A. Wurtz.)

ÉTRANGETÉ DES ALLURES PHYSIQUES DES OXYDES MÉTALLIQUES.

Un fait général ressort de l'examen comparatif que l'on peut faire des oxydes et des chlorures.

Les chlorures sont des composés fusibles et, à peu d'exceptions près, volatils. L'observation en a été faite depuis longtemps déjà; les chimistes d'autrefois disaient dans ce langage poétique dont on a perdu aujourd'hui, sinon le secret, du moins l'habitude, que « *le chlore donne des ailes aux métaux.* » La volatilité est surtout digne de remarque dans les chlorures des éléments fixes, et notamment des métaux [1].

Les oxydes correspondants, au contraire, à part quelques rares oxydes d'éléments ou de métaux négatifs, se distinguent par leur *fixité*, et dans bien des cas, par leur *infusibilité*, absolue ou relative.

[1] J'emploie ici le mot *métal* dans son acception la plus large, pour désigner indistinctement tous les éléments à *éclat métallique*, sans distinction de signe fonctionnel.

Le tableau suivant permettra de constater combien cette différence est générale et quelle en est la mesure entre des combinaisons correspondantes :

	Poids moléculaires.	État physique.	Fusibilité.	Volatilité.
$BoCl_3$ . . .	117	. . Liquide. .	. . . . .	Éb. 17°.
Bo_2O_3 . . .	70	. . Solide . .	Fusible au rouge sombre.	Fixe.
$SiCl_4$ . . .	170	. . Liquide. .	. . . . .	Éb. 59°.
SiO_2	60	. . Solide . .	Fusible à la flamme du gaz tonnant.	Fixe.
$TiCl_4$ . . .	192	. . Liquide. .	. . . . .	Éb. 135°.
TiO_2	82	. . Solide . .	Infusible.	Fixe.
$ZrCl_4$ . . .	231,5	. . Solide . .	Fusible	Sublimable.
ZrO_2 . . .	121,5	. . Idem . . .	Infusible	Fixe.
$SnCl_4$ . . .	260	. . Liquide. .	. . . . .	Éb. 115°4.
SnO_2 . . .	150	. . Solide . .	Infusible.	Fixe.
$SnCl_2$ . . .	189	. . Idem . . .	Fusible.	Volatil au rouge blanc.
SnO	134	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.
$NbCl_5$ . . .	271,5	. . Solide . .	Fusible à 194°.	Éb. 240°5.
Nb_2O_5 . . .	174	. . Idem . . .	Infusible	Fixe.
$TaCl_5$ . . .	359,5	. . Solide . .	Fusible à 211°3	Éb. 241°6.
Ta_2O_5 . . .	444	. . Idem . . .	Infusible	Fixe.
Al_2Cl_6 . . .	268	. . Solide . .	Très fusible	Très volatil.
Al_2O_3 . . .	103	. . Idem . . .	Fusible à la flamme du gaz tonnant.	Fixe.
Al_2Br_6 . .	535	. . Solide . .	Fusion 93°.	Éb. 260°.
Al_2Io_6 (1) .	817	. . Solide . .	125°.	350°.
Fe_2Cl_6 . .	325	. . Solide . .	. . . . .	Aisément volatil.
Fe_2O_3 . . .	160	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.
$FeCl_2$ . . .	127	. . Idem . . .	. . . . .	Volatil.
FeO	72	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.
Cr_2Cl_6 . . .	317,8	. . Solide . .	. . . . .	Volatil.
Cr_2O_3 . . .	152,8	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.

(1) La fusibilité et la volatilité de l'iodure d'aluminium, dont le poids moléculaire est 817, font bien ressortir ce qu'il y a d'étrange dans l'infusibilité et la fixité de l'alumine.

	Poids moléculaires.	État physique.	Fusibilité.	Volatilité.
CrO_2Cl_2 . .	155,4 . .	Liquide. .	. . . . .	Éb. 118°.
CrO_3 . . .	100,4 . .	Solide . .	Fusible vers 300° . . .	Décomposable.
WCl_5 . . .	359,5 . .	Solide . .	Fus. 248°	Éb. 275°6.
WCl_6 . . .	395 . .	Idem . . .	Fus. 275°	Éb. 346°7.
WCl_4O . .	342 . .	Idem . . .	Fus. 210°4.	Éb. 227°5.
WO_3 . . .	232 . .	Idem . . .	Fusible au feu de forge.	Fixe.
$VaCl_4$ . . .	193,3 . .	Liquide. .	Non congélable à - 18.	Éb. 154°.
VaO_2 . . .	83,3 . .	Solide		
$VaOCl_3$ . .	173,8 . .	Liquide. .	Non congélable à - 15.	Éb. 126°7.
$SeCl_4$ . . .	221,5 . .	Solide . .	Aisément volatil sans fusion.	
$SeOCl_2$ . .	166,5 . .	Liquide. .	. . . . .	Éb. 179°5.
SeO_2 . . .	111 . .	Solide . .	Infusible.	Volatil au rouge.
$TeCl_4$ . . .	270 . .	Solide . .	Aisément fusible . . .	Volatil.
TeO_2 . . .	160 . .	Idem . . .	Fusible.	Moins volatil que le tellure.
$AsCl_3$ . . .	181,5 . .	Liquide. .	Non solidifiable à - 29.	Éb. 134°.
As_2O_3 . . .	198 . .	Solide . .	Volatil sans fusion . .	Éb. 200°.
$SbCl_3$ . . .	228,5 . .	Solide . .	Fus. 73°2	Éb. 225°.
Sb_2O_3 . . .	282 . .	Idem . . .	Fusible au rouge . . .	Sublimable.
$SbCl_5$ . . .	299 . .	Liquide. .	Congelable à 0°	Volatil en $SbCl_3 + Cl_2$.
Sb_2O_5 . . .	324 . .	Solide . .	Ni fusible ni sublimable.	
$BiCl_3$ . . .	316,5 . .	Solide . .	Très fusible	Volatil.
Bi_2O_3 . . .	468 . .	Idem . . .	Fusible.	Fixe.
$HgCl_2$ . . .	271 . .	Solide . .	Fusible vers 265° . . .	Éb. 295°.
HgO. . . .	216 . .	Idem . . .	Infusible.	Décomposable.
Hg_2Cl_2 . .	471 . .	Solide . .	Sublimable entre 400° et 500° sans fondre.	
Hg_2O . . .	416 . .	Idem . . .	Infusible	Décomposable.
Cu_2Cl_2 . .	198 . .	Solide . .	Fusible au rouge naissant.	Non volatil.
Cu_2O . . .	143 . .	Idem . . .	Fusible au rouge . . .	Fixe.
$CuCl_2$ . . .	134,5 . .	Solide . .	Fusible.	Décomposable à chaud
CuO. . . .	79,5 . .	Idem . . .	Fusible au rouge vif avec décomposition.	

	Poids moléculaire.	État physique.	Fusibilité.	Volatilité.
$PbCl_2$ . . .	278	. . Solide . .	Aisément fusible, en dessous du rouge.	Volatil au rouge.
PbO	223	. . Idem . . .	Fusible vers le rouge. .	Volatil au rouge blanc.
Ag_2Cl_2 . . .	287	. . Solide . .	Aisément fusible. . . .	Volatil au-delà de 260°
Ag_2O . . .	232	. . Idem . . .	Infusible; aisément décomposable.	
$CaCl_2$ . . .	111	. . Solide.		
CaO	56	. . Idem . . .	Infusible	Fixe.
$SrCl_2$ . . .	158,5	. . Solide . .	Fusible.	
SrO	103,5	. . Idem . . .	Infusible	Fixe.
$BaCl_2$ . . .	208	. . Solide . .	Fusible au rouge vif.	
BaO	153	. . Idem . . .	Fusible à la flamme du gaz tonnant.	Fixe.
$MgCl_2$ . . .	95	. . Solide . .	Fusible.	Volatil.
MgO	40	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.
$ZnCl_2$ . . .	136	. . Solide . .	Très fusible	Sublimable au rouge.
ZnO	81	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.
$CdCl_2$ . . .	183	. . Solide . .	Fusible vers 400° . . .	Éb. vers 700°.
CdO	128	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.
$UrCl_2$ . . .	191	. . Solide . .	. . . . .	Volatil.
UrO	136	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.
$NiCl_2$	129,75.	. Solide . .	Sublimable sans fusion.	
NiO	74,75.	. Idem . . .	Fixe et infusible.	
$GlCl_2$	80,25.	. Solide . .	Fusible et volatil vers le rouge sombre.	
GlO	25,25.	. Idem . . .	Infusible.	Fixe.
$ThCl_4$ . . .	376	. . Solide . .	. . . . .	Sublimable.
ThO_2 . . .	266	. . Idem . . .	Infusible.	Fixe.

J'ai déjà dit précédemment que cette opposition de propriétés s'observe spécialement dans les composés formés par les éléments *positifs* et en général par les éléments à *éclat métallique;* je noterai encore en passant qu'elle *paraît* être d'autant plus accentuée que l'atomicité du métal est plus élevée.

Ce sont les combinaisons à élément *polyavalent* que j'aurai particulièrement en vue dans ce mémoire, réservant pour un travail spécial l'étude plus délicate de celles qui renferment des éléments *monovalents*.

Quoi qu'il en soit de son étendue, cette différence physique constitue par sa généralité un fait des plus remarquables de statique chimique, fait d'un caractère vraiment étrange et au premier abord tout à fait exceptionnel.

Les propriétés n'apparaissent pas, en effet, au hasard dans les corps composés; elles ne sont finalement que la résultante de celles de leurs éléments constitutifs, résultante plus ou moins modifiée à la suite des phénomènes physiques de l'acte de la combinaison, et il est vrai de dire que les composés chimiques ne sont au fond que des mélanges d'une nature particulière. Personne ne le conteste, les propriétés des corps composés sont en relation étroite avec celles de leurs principes constitutifs; les différences que l'on constate entre certains éléments doivent se retrouver, avec plus ou moins de fidélité, dans les combinaisons correspondantes et comparables qu'ils déterminent.

Cela étant, la manière d'être des oxydes métalliques étonne profondément, surtout en comparaison de celle des chlorures des mêmes éléments.

La différence de volatilité de l'oxygène et du chlore est énorme : le premier, réputé gaz permanent jusque dans ces tout derniers temps, est un gaz parfait; le second est, au contraire, aisément coercible et n'est gazeux qu'à — 33°6 (Regnault).

L'atome de l'oxygène pèse 16 et celui du chlore 35,5; le poids moléculaire des chlorures est par conséquent beaucoup plus élevé que celui des oxydes correspondants et dans le rapport indiqué par des multiples des chiffres qui représentent ces poids atomiques. Or, parmi toutes les propriétés physiques ou mécaniques des corps, il n'en est pas qui soit plus directement dépendante de l'élévation du poids moléculaire que l'état physique et la volatilité.

Tenant compte de ces circonstances, on est autorisé à formuler *à priori* les propositions suivantes :

1° L'oxygène et le chlore sont l'un et l'autre des éléments doués d'une grande faculté volatilisante, vis-à-vis des autres corps simples.

Les oxydes et les chlorures doivent être en général des composés volatils.

2° La faculté volatilisante doit exister à un degré plus prononcé dans l'oxygène que dans le chlore.

Les oxydes doivent être plus volatils que les chlorures correspondants.

Les oxydes doivent même être fréquemment des composés très-volatils ou gazeux, à la température ordinaire.

Ces déductions théoriques sont réalisées, en fait, dans un bon nombre de combinaisons oxygénées et chlorées, particulièrement d'éléments ou de radicaux négatifs et de *métalloïdes* (1) proprement dits, tels que l'arsenic, l'osmium, le ruthénium, etc.

	Poids moléculaire.	État physique.	Volatilité.
OO	32	Gaz parfait, précédemment regardé comme permanent.	
OCl_2	87	Gaz aisément condensable en liquide.	
SO_2	64	Gazeux	Éb. vers - 10°.
$SOCl_2$	119	Liquide	— 82°.
SO_3	80	Solide	— 46°.
$SOCl_2$	135	Liquide	— 82°.
CO_2	44	Gazeux	— - 78°.
$COCl_2$	99	Liquide	— + 8°.
CCl_4	154	Liquide	— + 76°.
C_2Cl_6	237	Solide	— 182°.
C_2Cl_4O (2)	182	Liquide	— 118°.

(1) J'emploie ce mot dans son sens étymologique qui est son sens vrai, μεταλλον et ειδος, corps d'apparence métallique. Il est vraiment regrettable qu'un usage auquel il semble impossible de ne pas se soumettre, ait donné à cette expression une signification toute contraire.

(2) Chlorure d'acétyle trichloré $CCl_3 - COCl$.

	Poids moléculaire.	État physique.	Volatilité.
OsO_4	263	Solide	vers 100°.
RuO_4	168	Solide	id. 100°.
As_2O_5	198	Solide	id. 200°.
$PhCl_5$	208,5	Solide	— 148° (1).
$PhCl_3O$	153,5	Liquide	— 110°.
WCl_6	395	Solide	— 346°.
WCl_4O	342	Solide	— 227°.

On observe en chimie organique des rapports du même ordre quant à la volatilité entre les oxydes et les chlorures des radicaux hydrocarbonés bivalents C_nH_{2n}, lesquels sont les plus analogues aux métaux.

En voici quelques exemples :

		Poids moléculaire.	Volatilité.
C_2H_4O	Aldéhyde	44	Éb. 21°.
	Oxyde d'éthylène	»	— 13°5.
$C_2H_4Cl_2$	Chlorure d'éthylidène	99	— 60°.
	» d'éthylène	»	— 84°.
C_3H_6O	Oxyde de propylène	58	— 35°.
	Aldéhyde	»	— 47°.
	Acétone	»	— 56°.
$C_3H_6Cl_2$	Chlorure de propylène	113	— 96°.
	— de propylidène	»	— 85°.
	— acétonique	»	— 70°.

Essayons, à la faveur de ces idées générales, de déterminer *à priori* quelles devraient être les propriétés de certains oxydes particulièrement intéressants.

L'anhydride carbonique CO_2, corps gazeux à la température

(1) Distillable à 148°, en se dédoublant en $PhCl_3$ et Cl_2.

ordinaire et bouillant à —78°, a pour correspondant un *tétrachlorure* CCl_4, liquide bouillant à + 76°. L'écart de volatilité entre ces deux corps se mesure donc par environ 154 degrés de l'échelle thermométrique.

Les tétrachlorures de silicium, de titane et d'étain, $SiCl_4$, $TiCl_4$ et $SnCl_4$, ont respectivement pour points d'ébullition 58°, 136°, et 115°. Il me paraît tout à fait légitime d'admettre que les oxydes correspondants SiO_2, TiO_2, et SnO_2, devraient être des corps éminemment volatils; l'anhydride silicique SiO_2 devrait même, certainement, être gazeux à la température ordinaire, au moins aussi gazeux, si je puis ainsi m'exprimer, que l'anhydride sulfureux SO_2 qui lui est analogue et dont le poids moléculaire est peu différent :

	Poids moléculaire.	Ébullition.
CO_2	44	-78°
SO_2	64	-10°
SiO_2	60	

Le chlorure de bore $BoCl_3$, poids moléculaire 117,5 est un liquide bouillant à 18°. L'oxyde correspondant ou anhydride borique Bo_2O_3, poids moléculaire 70, devrait certainement être aussi un corps gazeux à la température ordinaire.

Le chlorure d'aluminium Al_2Cl_6, corps solide, se volatilisant un peu au delà de 100°, devrait avoir pour correspondant un oxyde Al_2O_3, sinon gazeux, au moins très volatil. Il en devrait être ainsi également du sesquioxyde de fer Fe_2O_3.

Le chlorure mercurique $HgCl_2$, bouillant vers 300°, on est en droit de conclure que l'oxyde correspondant HgO, renfermant un gaz permanent à côté d'un métal lui-même volatil, devrait être sinon gazeux, au moins beaucoup plus volatil que le sublimé corrosif et le mercure.

Les composés *chromiques* sont analogues, comme l'on sait, aux composés *sulfuriques*, tant par leur composition générale que par leurs propriétés cristallographiques. On devrait donc s'attendre à constater entre l'oxyde de *chromyle* CrO_2-O ou l'*anhydride chromique* et le *chlorure* correspondant CrO_2-Cl, une

différence analogue à celle qui sépare l'*oxyde* et le *chlorure de sulfuryle* SO_2-O et SO_2-Cl_2.

	Ébullition.
SO_2-O	46°
SO_2-Cl_2	77°

L'anhydride chloro-chromique CrO_2-Cl_2 est, en fait, un liquide bouillant à 118°; l'anhydride chromique correspondant CrO_3 devrait être, conformément aux lois de l'analogie, plus volatil et bouillir sans aucun doute au-dessous de 100° (1).

On sait combien est profonde la discordance qui existe, sous ce rapport, entre la théorie et les faits, et jusqu'à quel point extrême sont démenties ces prévisions si légitimes : en fait d'oxydes, au lieu de corps naturellement gazeux ou éminemment volatils, nous avons à faire à des solides généralement d'une fixité absolue, et fréquemment même infusibles.

Il est naturel de se demander quelle est la raison d'être, quelle est l'explication d'un fait à la fois aussi étrange par sa nature et aussi important par sa généralité.

Je dois déclarer dès à présent que, quelque étrange qu'il paraisse dès l'abord, je ne regarde ce fait ni comme anormal ni comme exceptionnel. A mon sens, les anomalies et les exceptions n'ont, comme telles et à ce titre, aucune existence réelle; elles ne reposent, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, que sur l'ignorance dans laquelle nous nous trouvons de certaines circonstances ou rapports déterminant des modifications, faibles en certains cas, profondes quelquefois, dans les conséquences d'une cause générale connue.

---

(1) Les composés du tungstène nous présentent, sous ce rapport, le même phénomène que ceux du chrôme :

CrO_2Cl	Liquide.			Éb. 118°.
CrO_3	Solide	fusible vers 300° décomposable		
WCl_6	Solide . . .	fus. 275°		Éb. 346°.
WCl_4O	Id. . . .	— 210°		— 227°.
WO_3	Id.	difficilement fusible — fixe.		

LES OXYDES NE SONT PAS MOLÉCULAIREMENT COMPARABLES AUX CHLORURES.

POLYMÉRISATION DES OXYDES.

Suivant une coutume universellement adoptée, on représente les *chlorures* et les *oxydes* par des formules qui assimilent ces corps les uns aux autres, au point de vue moléculaire. Est-on bien en droit d'en agir ainsi, et les oxydes constituent-ils véritablement et en réalité des composés *moléculairement* comparables aux chlorures des mêmes éléments? Y a-t-il entre eux une analogie réelle, ou leur analogie ne serait-elle qu'extérieure, artificielle et fondée sur la seule concordance de leur notation ordinaire?

Voilà des questions qui se présentent immédiatement à notre examen.

Les chlorures étant fréquemment des composés volatils sans décomposition, les formules qui leur sont assignées reposent sur la détermination de la densité de leurs vapeurs, et ces formules représentent véritablement ce que sont, en tant que poids et grandeur, les molécules de ces corps, à l'état gazeux du moins.

Il n'en est pas de même en ce qui concerne les oxydes métalliques. Étant fixes, ou ne se volatilisant qu'à des températures extrêmes, ou enfin se décomposant sous l'action de la chaleur, leurs densités de vapeur nous sont inconnues et même impossibles à déterminer.

Les formules universellement attribuées aux oxydes métalliques reposent exclusivement sur les données numériques fournies par leur analyse; ces formules ne sont que des formules *brutes*, des formules *minima* d'un genre tout relatif, n'exprimant que des rapports entre les quantités pondérables et les nombres d'atômes de métal et d'oxygène combinés, mais parfaitement muettes, comme telles, sur ces quantités ou ces nombres réels et absolus.

Les formules représentatives des oxydes ont ainsi une origine

et reposent sur une base tout autre que les formules des chlorures. On n'est donc pas autorisé à attribuer aux unes et aux autres la même valeur et la même signification. Le rapprochement qu'établissent entre les oxydes et les chlorures, nos formules habituelles, est donc, au point de vue de celles-ci, d'un genre purement artificiel.

Il se pourrait néanmoins que, quoique manquant de base physique, nos formules relatives des oxydes fussent cependant aussi, au fond, de véritables formules moléculaires, comme celles des chlorures, et que l'on pût en conséquence assimiler les uns aux autres, au point de vue moléculaire, ces deux ordres de composés.

En est-il ainsi dans la réalité? Je réponds négativement à cette grave question.

A mon sens, les formules attribuées aux oxydes métalliques doivent conserver invariablement leur caractère de formules exclusivement relatives; les oxydes et les chlorures métalliques ne sont en aucune façon, malgré l'analogie de leurs formules représentatives, des composés comparables, assimilables au point de vue moléculaire. Selon moi, les oxydes véritables RO_x, réellement assimilables aux chlorures connus RCl_{2x}, nous sont pour la plupart totalement inconnus; nous n'en possédons que des *polymères* $(RO_x)n$ et j'ajoute, dès ce moment, des polymères, fort complexes, n représentant un chiffre élevé. Pour préciser par un exemple ma pensée, je dirai que notre situation vis-à-vis des chlorures et des oxydes est celle dans laquelle nous nous trouverions si, connaissant certains chlorures de radicaux organiques, tels que les *chlorures d'éthylène* et d'*éthylidène* C_2H_4-Cl_2,

Ébullition 60°.	Ébullition 84°.
$CHCl_2$	CH_2Cl
|	|
CH_3	CH_2Cl

nous ne connaissions les oxydes correspondants C_2H_4 - O, l'aldéhyde acétique et l'oxyde d'éthylène

Ébullition 21°.	Ébullition 13°.
CHO	CH_2
|	| > O
CH_3	CH_2

que par leurs polymères respectifs, la paraldéhyde et la métaldéhyde, le bioxyde et le polyoxyde d'éthylène de M. Wurtz.

Paraldéhyde	$(C_2H_4O)_3$	Liquide, ébull. 124°.
Métaldéhyde	$(C_2H_4O)_n$	Solide, non volatilisable comme tel.
Bioxyde d'éthylène . . .	$(C_2H_4O)_2$	Solide, ébull. 102°.
Polyoxyde d'éthylène . .	$(C_2H_4O)_n$	» difficilement volatilisable.

Cette interprétation de la nature des oxydes actuels étant admise, étant admis également, ce qui d'ailleurs n'est plus une hypothèse, mais une vérité certaine, que l'état physique et les propriétés thermiques, notamment la volatilité et la fusibilité sont fonction directe du poids moléculaire, toute relation anormale, au point de vue physique, entre les chlorures et les oxydes dans leur manière d'être actuelle, cesse aussitôt; l'infusibilité et la fixité de ces derniers, si étranges de prime abord, rentrent dans le cadre des faits les plus naturels.

Il y a donc à démontrer cette proposition :

Les oxydes connus aujourd'hui et notamment les oxydes métalliques sont des polymères $(RO_x)_n$ *des oxydes véritables* RO_x, *correspondants aux chlorures* RCl_{2x}.

PREUVES DE LA POLYMÉRISATION DES OXYDES.

LEUR POUVOIR ADDITIONNEL.

Un premier fait à constater, c'est l'extension extrême du *pouvoir additionnel* des oxydes en général. Il n'est, peut-on dire, pas de composés plus souples, plus aptes à la combinaison, et je ne sais si je sortirais de la vérité en disant qu'il n'est aucune classe de composés auxquels ils soient incapables de s'ajouter.

En chimie minérale, nous les voyons se combiner par addition et souvent d'une manière énergique, non seulement avec les oxydes de signe contraire, les anhydrides d'acides avec les anhy-

drides basiques, mais avec tous les composés chimiques indistinctement, pourrait-on dire, quelle qu'en soit d'ailleurs la fonction spéciale.

Arrêtons-nous plus particulièrement aux oxydes métalliques. Ils se combinent non seulement aux oxydes des radicaux négatifs, mais encore aux composés binaires les plus divers, chlorures, brômures, iodures, sulfures, séléniures, etc., aux oxysels en général, hydrates ou hydroxydes métalliques, aux sulfates, aux azotates, aux carbonates, etc., pour constituer la série si riche des sels *basiques* des métaux *polyvalents*.

Ces combinaisons additionnelles peuvent se faire suivant des proportions fort variées; il en résulte que cette série des sels *basiques* est en réalité vraiment interminable; il y a là à côté des composés déjà connus, toute une mine féconde à exploiter de composés nouveaux et intéressants.

Parmi les combinaisons si nombreuses de cette sorte existant aujourd'hui, il en est qui se font remarquer par une composition bien déterminée et par une cristallisation nette et régulière; quelques-unes même appartiennent au règne minéral. Je crois inutile de m'arrêter à les signaler : il suffit, pour les besoins de la démonstration que j'essaie d'établir, d'avoir constaté le fait dans sa généralité, me réservant d'y revenir plus tard, alors qu'il s'agira d'assigner une valeur réelle au coefficient n de polymérisation.

Ce pouvoir additionnel se retrouve aussi, quoique à un degré moindre, du moins d'après les faits connus aujourd'hui, dans les oxydes de radicaux organiques hydrocarbonés, et notamment dans les oxydes glycolliques $C_nH_{2n}O$ si parfaitement assimilables aux oxydes métalliques RO. Nous voyons en effet l'oxyde d'éthylène C_2H_4O se combiner avec son hydrate, le glycol $C_2H_4\,(OH)_2$, avec l'anhydride acétique, avec le chlorure d'acétyle, avec les hydracides halogénés, etc., etc.

Les aldéhydes C_nH_{2n+1}-CHO se comportent en général de la même manière. Mais j'abandonne cet objet pour revenir aux oxydes métalliques eux-mêmes.

On constate qu'il en est qui se combinent avec des oxydes métalliques différents, différents de composition, tant par le

métal que par la richesse en oxygène. C'est ainsi que, pour n'en citer qu'un exemple, les oxydes magnésiens $\overset{II}{R}O$ se combinent avec les oxydes $\overset{VI}{R_2}O_3$ pour former le groupe si intéressant des spinelles $\overset{II}{R}\overset{VI}{R_2}O_4$; fait plus remarquable, cette combinaison s'accomplit dans certains cas, entre oxydes de même métal, mais inégalement oxygénés; de là naissent ces composés intéressants que l'on désigne habituellement sous le nom d'*oxydes salins*, tels que l'aimant Fe_3O_4 ou FeO, Fe_2O_3; le minium Pb_2O_3 et Pb_3O_4 ou $xPbO + PbO_2$; Mn_3O_4 ou MnO, Mn_2O_3; Sn_2O_3 ou SnO, SnO_2, etc.

La chimie organique nous offre un exemple de composé analogue, et sous certain rapport plus curieux encore puisqu'il résulte de la combinaison de deux oxydes également oxygénés; c'est l'oxyde double d'éthylène et d'éthylidène

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix} > O + \begin{matrix} CHO \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$$

signalé précédemment par M. Wurtz (1).

Nous touchons ici au fait de la *polymérisation* proprement dite. En l'absence de systèmes moléculaires étrangers sur lesquels ils peuvent exercer leur pouvoir additionnel et le satisfaire, les oxydes, tant organiques qu'inorganiques se combinent avec eux-mêmes, et c'est dans cette combinaison d'un corps avec lui-même que gît essentiellement le phénomène de la *polymérisation* pris dans son sens le plus large.

Étudions ce fait en lui-même, en chimie organique d'abord où il apparaît avec le caractère de l'évidence et où il se produit avec une remarquable facilité, notamment dans les oxydes des radicaux bivalents $C_nH_{2n}O$, en général.

Je rappellerai en tout premier lieu ce qui a rapport aux oxydes glycolliques.

---

(1) *Répertoire de chimie pure*, BULLET. DE LA SOC. CHIMIQUE DE PARIS, t. IV, p. 16. (Année 1862.)

L'oxyde d'éthylène

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix} > O$$

en est le type. C'est un liquide incolore, fort léger et bouillant à + 13°. On en connaît deux polymères distincts :

a) Le soi-disant bi-oxyde de di-éthylène $(C_2H_4)_2O$, ou, à l'état de vapeur,

$$\begin{matrix} CH_2 - O - CH_2 \\ | \qquad\quad | \\ CH_2 - O - CH_2 \end{matrix}$$

s'obtient par voie directe, c'est un solide cristallisable, fusible à 9° et bouillant à 102°.

b) Un polymère indéterminé $(C_2H_4O)n$, signalé récemment par M. Wurtz (1), lequel se forme spontanément et se présente, comme les polymères aldéhydiques, sous forme de masse solide, cristalline, blanche, fusible à 56°, et se volatilisant difficilement.

Il n'est sous ce rapport aucun corps plus intéressant à observer que l'*oxyde de méthylène* CH_2-O.

Le *chlorure* correspondant CH_2Cl_2 est un liquide, analogue au chloroforme et bouillant à 40°. L'oxyde lui-même CH_2O est naturellement gazeux, mais il n'affecte cet état que sous l'action de la chaleur; sitôt qu'il y est soustrait, il se polymérise et se transforme en un corps solide blanc, insoluble dans l'eau, sublimable dès 100° et se transformant à une température plus élevée en oxyde gazeux CH_2O, ainsi que l'indique sa densité de vapeur.

Les *aldéhydes* C_nH_x-CHO doivent être aussi signalées sous ce rapport. Un des traits distinctifs de la physionomie générale de ces composés est leur aptitude, leur tendance à la polymérisation, donnant naissance par là à des produits différents de leurs générateurs sous le rapport physique, état physique, fusibilité, volatilité, solubilité, etc.

L'oxyde de méthylène, qui est en même temps l'aldéhyde formique, en est un remarquable exemple. Il n'est pas inutile d'en citer quelques autres encore.

---

(1) *Comptes rendus*, etc., t. LXXXIII, p. 1141.

L'aldéhyde acétique, CH_3-CHO, le type de la classe, constitue naturellement un liquide léger bouillant à 21°. On lui connaît aujourd'hui deux polymères distincts.

a) La *paraldéhyde*, liquide bouillant à 124° et auquel sa densité de vapeur assigne la formule $(C_2H_4O)_3$, à l'état gazeux.

b) La *métaldéhyde*, corps solide, cristallisant en belles aiguilles, sublimable dès 100° et se volatilisant sans se fondre à 112°-115°, en se retransformant en aldéhyde ordinaire, ainsi que l'indique sa densité de vapeur. On ne peut assigner à son coefficient de polymérisation *n* aucune valeur certaine.

Le dérivé trichloré CCl_3-CHO de l'aldéhyde acétique ou le *chloral* dont l'hydrate a acquis, depuis quelques années, tant d'importance et de célébrité, se polymérise plus facilement encore. Récemment distillé, il constitue un liquide bouillant à 94°-95°; abandonné à lui-même, il se transforme spontanément et quelquefois rapidement, en ce que l'on appelle le *chloral insoluble*, masse blanche, opaque, dure, porcellanée, laquelle, chauffée à 180°, régénère le chloral primitif.

L'*aldol* CH_3 - CH (OH) - CH_2 - CHO, cette aldéhyde-alcool découverte par M. Wurtz, se polymérise aussi d'une manière bien remarquable en se transformant en *para-aldol*, lequel constitue un beau corps solide, d'une cristallisation régulière, et fusible à 90° (1).

Certaines aldéhydes mêmes ne sont connues qu'à l'état de polymères, ainsi en est-il du glyoxal OHC - CHO ou aldéhyde oxalique (2). D'après les lois de l'analogie, ce corps devrait être

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 255.

(2) Étant donnée la différence de volatilité qui existe entre les chlorures des radicaux négatifs et les aldéhydes correspondantes

CH_3 - COH. . . . Éb. 21 CH_3 - COCl. . . . Éb. 55.

On doit admettre que l'aldéhyde *succinique* ne nous est connue non plus qu'à l'état de polymère

COCl. . . Éb. 190°	COH. . . Éb. 201°-203°
|	|
CH_2	CH_2
|	|
CH_2	CH_2
|	|
COCl	COH

gazeux à la température ou tout au moins constituer un liquide très volatil,

Ébull. 21°. Ébull. 60°.

$$\begin{array}{c} CHO \\ | \\ CH_3 \end{array} \qquad \begin{array}{c} CHCl_2 \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} CHO \\ | \\ CHO \end{array}$$

Ébull. 140°. Ébull. 87°.

$$\begin{array}{c} CHCl_2 \\ | \\ CHCl_2 \end{array} \qquad \begin{array}{c} CHO \\ | \\ CHCl_2 \end{array}$$

Dans la réalité, le glyoxal n'est connu qu'à l'état de masse épaisse, visqueuse, dépourvue de volatilité.

Il est inutile de prolonger plus longtemps cette révision, des faits du même genre nous sont présentés, à divers degrés, par tous les termes indistinctement de ce groupe de corps (1).

Le pouvoir additionnel à lui-même de l'oxyde de méthylène si évident encore extérieurement dans ses dérivés *monosubstitués*, les aldéhydes

$$CH_2\text{-}O \qquad \begin{array}{c} CHO \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

s'affaiblit dans ses dérivés *bi-substitués*, les acétones

$$CH_2\text{-}O \qquad \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CO \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

on ne connaît pas en effet jusqu'aujourd'hui de véritables polymères de l'acétone elle-même, mais on a signalé récemment ceux de certains de ses dérivés de substitution chlorés (Grabowsky) (2).

Je ferai remarquer en passant que si l'on tient compte des

---

(1) Voir le travail de M. G. Bruylants *Sur la polymérisation des aldéhydes*, Dissertation inaugurale, etc. Louvain, 1875.

(2) *Deutsche Chemische Gesellschaft*, t. VIII, p. 1438.

relations de volatilité qui existent entre les chlorures glycolliques, aldéhydiques et acétoniques d'une part, et les oxydes correspondants d'autre part,

CH_2-CH_2 (O)	éb.	13°.	CH_2Cl-CH_2Cl	éb.	84°.
CH_3-CHO	—	21°.	CH_3-CHCl_2	—	60°.
$CH_3-CH-CH_2$ (O)	—	35°.	$CH_3-CHCl-CH_2Cl$	—	96°.
CH_3-CH_2-CHO	—	47°.	$CH_3-CH_2-CHCl_2$	—	85°.
$CH_3-CO-CH_3$	—	56°.	$CH_3-CO-CH_3$	—	70°.

Si l'on tient compte en même temps de ce fait général que dans les dérivés de substitution isomères que fournissent les *paraffines*, la volatilité est d'autant plus grande que la substitution a été opérée dans un chaînon ou des chaînons moins hydrogénés, on est amené à cette conclusion que les aldéhydes et les acétones ne nous sont connues qu'à l'état de composés polymérisés, mais se dépolymérisant totalement aux températures que nous regardons aujourd'hui comme celles de leur ébullition. Ainsi l'aldéhyde acétique devrait être gazeuse, plus volatile encore que l'oxyde d'éthylène, l'aldéhyde propionique plus volatile que l'oxyde de propylène et l'acétone plus volatile encore que l'aldéhyde correspondante C_3. Ce sont des rapports inverses que l'on constate à présent entre ces corps. Je termine ces observations, me proposant d'y revenir plus tard dans un travail spécial.

POLYMÉRISATION RÉELLE DES OXYDES EUX-MÊMES.

J'aborde le phénomène de la polymérisation dans les oxydes métalliques eux-mêmes.

Nous le constatons avec tous ces caractères dans le fait, connu depuis longtemps déjà, de la production de cette variété spéciale de certains oxydes désignés par M. *Chevreul* sous le nom d'*Oxydes cuits*.

Certains oxydes métalliques, anhydres et pulvérulents, obtenus par la déshydratation à une température aussi basse que possible de leurs hydroxydes, soumis à une température plus élevée, vers le rouge, manifestent subitement une vive incandescence; leurs propriétés se modifient en même temps tant au point physique qu'au point de vue chimique, ils deviennent plus denses, plus durs, alors qu'ils sont colorés, leur coloration s'accentue; ils offrent plus de résistance à l'action des agents chimiques, acides ou alcalis, quelques-uns même deviennent totalement inattaquables par ces composés. On peut citer particulièrement les sesquioxydes de fer et de chrôme, Fe_2O_3, Cr_2O_3, le bioxyde de zirconium ZrO_2, etc.

Le fait de cette incandescence vive, que n'accompagne aucune modification dans la composition du produit qui la présente, est la preuve manifeste d'une combinaison énergique de l'oxyde avec lui-même. Lorsque des hydrocarbures, tels que l'amylène, la térébenthine, etc., se polymérisent sous l'action de certains agents chimiques, comme l'acide sulfurique, et particulièrement le fluorure de bore, un dégagement de chaleur quelquefois considérable (1) caractérise et accompagne la combinaison de ces corps avec eux-mêmes.

Il existe au reste un oxyde qui constitue une preuve directe de l'accumulation dans une molécule unique, même gazeuse, de plusieurs molécules de l'oxyde normal, c'est-à-dire correspondant au chlorure : c'est l'anhydride arsénieux.

Le chlorure d'arsenic étant $AsCl_3$, l'anhydride arsénieux devrait répondre à la formule As_2O_3. C'est en effet le composé oxygéné arsénical dont les éléments sont renfermés dans les arsénites de méthyle et d'éthyle de M. Craffts (2), composés volatils sans décomposition et auxquels leurs densités de vapeur assigne les formules $(CH_3)_3\ AsO_3$ et $(C_2H_5)_3\ AsO_3$.

En fait, la molécule de l'anhydride arsénieux *à l'état gazeux,*

---

(1) Voir la leçon de M. Berthelot sur l'Isomérie. professée en 1863 devant la Société chimique de Paris.

(2) *Bulletins de la Société chimique de Paris,* t. XIV, pp. 101 et suiv.

répond non à la formule As_2O_3, mais à la formule As_4O_6 ou $(As_2O_3)_2$, ainsi que le prouve sa densité de vapeur, 13,0, déterminée autrefois par Mitscherlich.

On sait que l'anhydride arsénieux se volatilise, sans fusion préalable, à 200°; il n'y a pas de doute que sa molécule à l'*état solide* constitue un multiple de sa molécule gazeuse As_4O_6.

Il y a entre les composés méthyléniques dont j'ai parlé plus haut et ces éthers arsénieux un parallèle parfait à établir. J'y reviendrai plus loin.

MÉTHODES DIVERSES DE PRODUCTION DES OXYDES.

DÉSHYDRATATION DES HYDROXYDES.

Les méthodes si diverses de production des oxydes à l'aide d'autres combinaisons qui en renferment les radicaux, conduisent également à admettre le fait de leur polymérisation.

Parmi ces méthodes, l'une des plus importantes par sa généralité et des plus intéressantes au point de vue spécial qui nous occupe, est la déshydratation des *hydroxydes* en général.

Soumis à l'action de la chaleur, les hydroxydes, à peu d'exceptions près, abandonnent de l'eau. Cette déshydratation peut être *totale* ou seulement *partielle*. Quelle qu'elle soit d'ailleurs, elle est pour un même hydroxyde d'autant plus complète, que la température qui la provoque est plus élevée; cette température varie elle-même suivant la nature des hydroxydes; certains de ceux-ci n'ont même qu'une existence éphémère à la température ordinaire, et ne sont représentés que par leurs anhydrides.

A côté de ces données générales, il en est une plus importante à signaler quant à la nature des anhydrides ainsi obtenus; c'est la connexion qui relie deux actes distincts au point de vue chimique, la *déshydratation* et la *condensation moléculaire*. M. Wurtz a exposé et développé ce principe dans une de ses

leçons, publiées par la Société chimique de Paris [1]. L'élimination de l'eau s'accomplit en général aux dépens non d'une seule, mais de plusieurs molécules d'hydroxyde, dont les restes demeurent soudés par des atômes d'oxygène; il résulte de là une *accumulation* des radicaux de ces hydroxydes dans les produits formés, une véritable *condensation moléculaire proportionnelle à cette accumulation.*

Ce principe s'applique à tous les hydroxydes indistinctement, non seulement aux hydroxydes normaux $\overset{x}{R}(OH)_x$, mais aussi aux oxy-hydroxydes ou anhydrides incomplets $\overset{x}{R}O_n(OH)_{x-2n}$.

Il s'ensuit que les composés qui se forment dans ces conditions deviennent de plus en plus complexes, au fur et à mesure que cette déshydratation devient elle-même plus complète, c'est-à-dire que la température s'élève davantage, se rapproche davantage du point de déshydratation totale, quand celle-ci est possible.

Ces données générales s'appliquent aux hydroxydes indistinctement, tant organiques que minéraux.

J'en citerai d'abord quelques exemples empruntés à la chimie organique.

Les acides-alcools en général sont intéressants à examiner sous ce rapport. Les cas les plus simples et par conséquent les plus concluants, nous sont fournis par les acides glycollique et lactique.

Chauffés, ces corps perdent successivement une demie, puis une molécule d'eau, en se transformant finalement en ces produits solides désignés sous les noms de *glycolide* et de *lactide.*

J'ai démontré [2] que le lactide, *à l'état de vapeur*, doit être représenté par la formule $[(C_3H_4O)\,O]_2$ et non, comme on était dans l'habitude de le faire, par $(C_3H_4O)O$.

Il doit en être de même du glycolide lequel n'est pas volatil.

---

[1] *Sur quelques points de philosophie chimique.* Leçons professées le 6 et le 20 mars 1863, page 182.

[2] *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, t. XXXVII, p. 409.

Représentons respectivement par Gl et La les radicaux C_2H_2O et C_3H_4O des acides glycollique et lactique; l'action de la chaleur sur ces corps s'exprime ainsi plus simplement dans ses différentes phases :

Acide glycollique.

$$C_2H_2O < \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \qquad Gl < \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \qquad \begin{matrix} Gl-OH \\ >O \\ Gl-OH \end{matrix} \qquad \begin{matrix} Gl- \\ >O \\ Gl- \end{matrix} \Big\rangle O \text{ (1)}$$

Acide lactique.

$$C_3H_4O < \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \qquad La < \begin{matrix} OH \\ OA \end{matrix} \qquad \begin{matrix} La-OH \\ >O \\ La-OH \end{matrix} \qquad \begin{matrix} La- \\ >O \\ La- \end{matrix} \Big\rangle O.$$

Soumis à la distillation, l'hydroxyde *éthénylique*

$$\begin{matrix} C\,(OH)_3 \\ | \\ CH_3 \end{matrix}$$

lequel est l'acide acétique $C_2H_4O_2 + H_2O$, se déshydrate et se transforme en oxyhydroxyde correspondant ou acide acétique

---

(1) Les considérations suivantes montrent parfaitement, me semble-t-il, que le glycolide ne peut pas être représenté par la formule $C_2H_2O_2$, mais est en réalité un polymère $(C_2H_2O_2)_n$. L'acide glycollique, dont la molécule *minimum* est $C_2H_4O_5$ ou

$$C_2H_2O\,(OH)_2 \quad \begin{matrix} CO-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{matrix}$$

renferme au fond le radical hydrocarboné tétravalent C_2H_2 ou

$$\begin{matrix} C \equiv \\ | \\ CH_2- \end{matrix}$$

dont il est l'oxy-bi-hydroxyde.

Le chlorure correspondant $C_2H_2Cl_4$ ou

$$\begin{matrix} C < \begin{matrix} Cl \\ Cl \\ Cl \end{matrix} \\ | \\ CH_2-Cl \end{matrix}$$

constitue un liquide bouillant à 102°.

Il est incontestable que l'oxyde correspondant $C_2H_2O_2$ ou

$$O < \begin{matrix} C=O \\ | \\ CH_2 \end{matrix}$$

devrait constituer un corps beaucoup plus volatil, de même que l'oxyde de *méthylène* CH O est gazeux alors que son chlorure CH_2Cl_2 bout seulement à 40°. C'est en réalité ce qui n'a pas lieu; le glycolide est un corps fixe.

proprement dit, lequel est représenté moléculairement, même à l'état de vapeur, non par la formule $C_2H_4O_2$ ou

$$\begin{array}{l} C \begin{cases} \!\!\!\

Au delà, déshydratation et formation d'anhydride fondu (Bo_2O_3).

3° *Acide silicique.* L'hydrate silicique normal H_4SiO_4 n'est guère connu comme tel. Il constitue sans doute la silice gélatineuse, fraîchement précipitée. Chauffée, celle-ci subit une déshydratation progressive (1).

Silice gélatineuse.	Séchée à la temp. ordinaire .	H_2SiO_5 ou $H_4Si_2O_6$
»	» à 20°-25°	$H_2Si_2O_5$
»	» à 60°	$H_2Si_3O_7$
»	» à 80°-100°.	$H_2Si_4O_9$
»	» à 250°-270°	$H_2Si_8O_{17}$.

Au delà déshydratation totale.

4° *Acide titanique.* L'hydrate normal obtenu par précipitation et séché à la température ordinaire répond à la formule H_4TiO_4. Il se déshydrate progressivement comme suit (2) :

Hydrate normal		H_4TiO_4
»	Séché sur l'acide H_2SO_4. .	H_2TiO_3 ou $H_4Ti_2O_6$
»	» à 60°.	$H_6Ti_4O_{11}$
»	» à 100°	$H_2Ti_2O_4$.

Je mentionnerai encore, en passant, les divers hydrates stanniques et molybdiques.

Je tiens à faire remarquer, avant d'aller plus loin, que je n'attache pas une valeur absolue aux formules attribuées à bon nombre de ces hydrates incomplets d'acides minéraux; il serait difficile de les regarder tous comme des composés bien définis. Le fait qui s'en dégage à l'évidence et le seul qui me préoccupe, c'est qu'au fur et à mesure que la température s'élève, le travail de la déshydratation se poursuit en même temps que la composition moléculaire se complique par l'accumulation des radicaux dans les résidus oxy-hydroxylés. D'ailleurs, si ces hydrates eux-mêmes n'ont pas toujours les caractères de composés bien définis, ils sont souvent représentés par des dérivés correspon-

(1) Voir GEUTHER, ouvrage cité, pp. 180 et suivantes.
(2) MERR, *Journal für prakt. Chem.*, t. XCIX, p. 157.

dants ayant tous les caractères de l'individualité chimique la mieux déterminée, tels que quelquefois des chlorures ou plus généralement des sels. Il me suffira de rappeler les oxy-chlorures de silicium de MM. Troost et Hautefeuille, les polysilicates si nombreux, si variés de composition et souvent si bien définis, les métaphosphates condensés, les molybdates, etc.

Certains même de ces corps que l'on ne connaît qu'à l'état d'anhydrides et auxquels manquent totalement des *oxy-hydroxydes*, ont pour représentants de ceux-ci, des sels d'une composition parfaitement établie; ainsi en est-il pour l'acide *chromique*, dont on connaît des *bi-* et des *trichromates* $R_2Cr_2O_7$ et $R_2Cr_3O_{10}$.

Les hydroxydes métalliques proprement dits se comportent de même que les hydroxydes acides. En voici quelques exemples :

1. *Hydroxyde plombique.* L'hydrate normal correspondant au chlorure et à l'azotate aurait pour formule $Pb(OH)_2$. Or, dans les conditions où il se produit, il se déshydrate déjà partiellement.

Séché à basse température, il répond à la formule $H_2Pb_2O_3$. (Tünnermann, Schaffner, etc.) Payen l'a obtenu en petits grains cristallins répondant à la formule $H_2Pb_3O_4$. Au delà de 100°, il perd toute son eau.

2. *Hydrates de cuivre.* L'hydrate *cuivrique*, correspondant aux sels de même nom, répondrait à la formule $Cu(OH)_2$ ou $H_2Cu_2O_2$. C'est la composition de l'hydroxyde bleuâtre, obtenu par la précipitation des solutions cuivriques à l'aide des alcalis très-dilués.

Chauffé au sein de l'eau, cet hydroxyde se déshydrate partiellement et noircit. Il présente alors la composition suivante :

Séché sur l'acide sulfurique . .	$H_2Cu_5O_4$ (Harms)
» à 100°	$H_2Cu_6O_7$ (Rose).

L'hydrate *cuivreux* normal aurait pour formule minimum $Cu_2(OH)_2$ ou $H_2(Cu_2)O_2$.

On en a signalé les produits de déshydratation partielle suivants :

$H_2(Cu_2)_6O_9$ (Millon et Commaille).
$H_2(Cu_2)_4O_5$ (Mitscherlich).

3. *Hydrates de thorium.* Un des hydrates connus, séché à 100°, répond à la formule H_4ThO_4; un autre, obtenu par une méthode diverse, séché à la même température, correspond à $H_2Th_4O_9$. (Clere.)

4. *Hydrates manganiques.* Au peroxyde MnO_2, correspondent divers hydroxydes, formés dans des circonstances différentes et répondant aux formules

$$\begin{array}{l} H_2MnO_3 \\ H_2Mn_2O_4 \\ H_2Mn_3O_7 \quad \text{et} \quad H_4Mn_3O_8 \\ H_2Mn_4O_9. \end{array}$$

Tous se déshydratent sous l'action de la chaleur en formant l'oxyde MnO_2.

5. *Hydrates ferriques.* Au sesquioxyde Fe_2O_3 correspondent divers hydrates, susceptibles d'être obtenus par des méthodes diverses et dont quelques-uns se rencontrent dans le règne minéral

Hydrate normal		$H_6(Fe_2)O_6$	Limnite	$Fe_2O_3 + 3H_2O$
»	»	$H_4(Fe_2)O_5$	»	$Fe_2O_3 + 2H_2O$
»	»	$H_2(Fe_2)O_4$	Goethite	$Fe_2O_3 + H_2O$
»	»	$H_6(Fe_2)_2O_9$	Limnite	$(Fe_2O_3)_2 + 3H_2O$
»	»	$H_2(Fe_2)_2O_7$	Turgite	$(Fe_2O_3)_2 + H_2O$
»	»	$H_{10}(Fe_2)_5O_{14}$	»	$(Fe_2O_3)_5 + 5H_2O$.

Soumis à l'action de la chaleur, tous se transforment aussi en oxyde Fe_2O_3.

Le précipité brun ocreux que l'on obtient en ajoutant un alcali à du chlorure ferrique, constitue sans doute l'hydrate normal $Fe_2(OH)_6$. Desséché dans le vide, il répond à la formule

$$(Fe_2)_2H_6O_9 \quad \text{ou} \quad 2Fe_2O_3 + 3H_2O.$$

Porté à l'ébullition, il se déshydrate davantage et devient

$Fe_2H_2O_4$ ou $Fe_2O_3 + H_2O$. Par une ébullition plus longtemps prolongée, cet hydroxyde perd encore de l'eau et peut même se déshydrater totalement.

6. *Hydrates aluminiques.* Les solutions aluminiques donnent par l'ammoniaque en excès l'hydrate normal $Al_2(OH)_6$

$$Al_2O_3,\ 3H_2O$$

sous forme d'un précipité blanc gélatineux. Soumis à une ébullition longtemps prolongée, celui-ci se déshydrate partiellement, comme l'hydrate ferrique correspondant, et devient de même que l'alumine calcinée, insoluble dans les acides et les alcalis (1). (Péan de St-Gilles.)

Ce nouvel hydroxyde répond à la formule brute $Al_2O_3, 2H_2O$ et vraisemblablement à

$$\begin{matrix} Al_2(OH)_2 \\ >O \\ Al_2-(OH)_2 \end{matrix}$$

comme l'acide pyrophosphorique.

Outre l'hydrate normal $Al_2(OH)_6$, l'*hydrargilite*, on trouve encore dans le règne minéral un oxy-hydroxyde aluminique de la formule $Al_2(OH)_2O_2$ ou Al_2O_3, H_2O, que l'on a désigné sous le nom de *diaspore*. Je reviendrai plus loin sur ces composés.

Tous ces *oxy-hydroxydes*, naturels ou artificiels, qui sont des produits de condensation des hydrates normaux, se transforment en général en *anhydrides complets*, sous l'action de la chaleur, à une température plus élevée que celle où ils ont pris naissance.

Les mêmes causes produisant les mêmes effets, il est naturel d'admettre que la dernière phase de la déshydratation, est accompagnée, comme celles qui l'ont précédée, d'une condensation moléculaire analogue; l'élimination de l'eau ayant déterminé l'accumulation des radicaux dans les produits auxquels elle donne lieu, il serait déraisonnable et illogique d'admettre un

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.* (3), t. XLVI, p. 58.

phénomène d'un genre tout à fait inverse au moment de l'élimination de la dernière molécule d'eau, c'est-à-dire la dislocation de ces résidus de condensation, la séparation de ces radicaux primitivement soudés par l'intermédiaire de l'oxygène, comme nous le verrons plus loin.

Déshydratation et condensation sont des actes et des faits connexes. J'admets donc qu'au moment du départ de la dernière molécule d'eau, non seulement la condensation des oxy-hydroxydes persiste, mais que conformément à la règle générale, elle s'accentue davantage encore.

Au moment où l'hydrate plombique cristallin $3PbO + H_2O$ perd sa dernière molécule d'eau sous l'effort de la chaleur, ce n'est pas PbO qui se forme, mais au moins $(3PbO)_2$; lorsque l'oxy-hydroxyde polysilicique $H_2Si_8O_{17}$ devient anhydride, celui-ci n'est pas SiO_2, mais au moins $(Si_8O_{16})_2$; de même l'acide métaphosphorique formé aux dépens de l'acide pyrophosphorique $H_4Ph_2O_7$ ne peut être $HPhO_3$, comme on le formule ordinairement, mais au moins $(HPhO_3)_2$.

La structure de ces oxy-hydroxydes conduit elle-même à cette conclusion. Que sont-ils, en effet, sinon des fragments des hydroxydes normaux $\overset{x}{R}(OH)_x$, reliés entre eux par des atomes d'oxygène

H_3PhO_4	$PhO(OH)_3$	H_2PbO_2	$Pb(OH)_2$
$H_4Ph_2O_7$	$PhO(OH)_2$	$H_2Pb_3O_4$	$Pb-OH$
	$>O$		$>O$
	$PhO(OH)_2$		Pb
			$>O$
			$Pb-OH.$

Lors de la formation d'un anhydride complet, aux dépens d'un oxy-hydroxyde condensé, la molécule de celui-ci n'est atteinte que dans son côté hydroxyle (OH), et rien ne nous autorise à admettre des modifications à survenir dans les rapports de combinaison des radicaux avec l'oxygène seul.

Le fait de la polymérisation d'un oxyde au moment de la déshydratation de l'hydroxyde correspondant, se constate d'ailleurs expérimentalement dans certains cas.

Les arsénites alcooliques, méthylique et éthylique de M. Craffts, $(CH_3)_3 AsO_3$ et $(C_2H_5) AsO_3$, se décomposent par l'eau, en fournissant non l'acide arsénieux H_3AsO_3, mais son anhydride solide lequel est, même à l'état de vapeur, un polymère, et représenté par la formule As_4O_6.

Il en est de même de l'oxyde de méthylène : son chloro-acétate $Cl-CH_2-O(C_2H_3O)$ que j'ai fait connaître, il y a quelques années [1], son diacétate $CH_2-[O(C_2H_3O)]_2$, les composés récemment obtenus par M. Friedel [2]

$$CH_2 < \begin{matrix} Cl \\ OCH_3 \end{matrix} \quad \text{et} \quad CH_2 < \begin{matrix} O(C_2H_3O) \\ O(CH_3) \end{matrix}$$

sont également décomposés par l'eau, en produisant, non l'hydroxyde $CH_2(OH)_2$, mais l'oxyde $(CH_2O)n$, polymérisé et solide.

Les oxydes métalliques peuvent encore être obtenus à l'aide de leurs sels proprement dits, par des réactions diverses. Je trouve dans ce mode général de formation des faits nouveaux qui tendent à prouver la nature polymérisée de ces composés.

J'examinerai successivement, sous ce rapport, les principaux genres de sels, les carbonates, les sulfates, les azotates, parmi les oxy-sels, les chlorures avec leurs analogues parmi les sels binaires.

CARBONATES.

Il s'agit de la décomposition par la chaleur des carbonates en général. Sous ce rapport et quant à la production des oxydes, ces sels sont parfaitement assimilables aux hydroxydes, et nous permettent de constater des phénomènes correspondants et équivalents. Sauf les carbonates alcalins et neutres R_2CO_3, tous se décomposent, comme l'on sait, à chaud, en laissant pour résidu

---

(1) *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, t. XXXV, p. 717.

(2) *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 2471

un oxyde. Il n'y a de ce chef d'autre différence à établir entre ces divers sels que le degré de chaleur auquel ils doivent être soumis.

Le fait important à constater, au point de vue qui nous occupe, est que, comme la déshydratation, la décarbonation ne s'accomplit pas en une fois, elle est continue et progressive suivant la température; la marche de cette décomposition se montre dans certains cas avec tous les caractères de l'évidence, notamment dans la décomposition que subissent certains carbonates insolubles, au sein de l'eau, à une température peu élevée, et souvent au moment même de leur précipitation.

Cette décomposition a pour résultat la formation de carbonates basiques, anhydres ou hydratés, oxy- ou hydroxy-carbonates, de composition plus ou moins complexe, dans la molécule *minima* desquels se trouvent accumulées plusieurs molécules d'oxyde ou d'hydroxyde métallique.

Un bon nombre de métaux, notamment le magnésium, le zinc, le plomb, le cuivre, le bismuth, le mercure, l'aluminium, le chrôme, le fer, le cobalt, le nickel, etc., nous offrent des exemples remarquables de ce fait général. Je crois utile d'en citer quelques-uns pour préciser les idées.

Ces carbonates basiques insolubles s'obtiennent habituellement par la précipitation, soit à chaud, soit à froid, des solutions métalliques, par les carbonates solubles. La composition de ces précipités, pour un même métal, varie quelquefois entre des limites assez éloignées, dépendant des circonstances spéciales au milieu desquelles s'accomplit la précipitation. Il est évident que tous ces composés si divers ne peuvent pas tous être regardés comme des composés bien définis; il en est néanmoins dont l'individualité chimique est bien établie; certains d'entre eux, naturels ou artificiels, sont même susceptibles de se présenter à l'état cristallin.

a) *Magnésium*

$$3CO_2,\ 4MgO + 4H_2O,$$
$$4CO_2,\ 5MgO + 5H_2O.$$

C'est la *magnésie blanche* des pharmaciens.

b) *Zinc.* Composition très variée.

$ZnCO_3$, $Zn(OH)_2 + 2H_2O$.
$2ZnCO_3$, $Zn(OH)_2$.
$2ZnCO_3$, $3Zn,(OH)_2$ cristallin.

$4ZnCO_3$, $7Zn(OH)_2 + H_2O$ (le précédent séché à 100°)
$3ZnCO_3$, $5Zn(OH)_2 + H_2O$
$ZnCO_3$, $2Zn(OH)_2 + H_2O$. Carbonate naturel (zinconise).

CO_3Zn, $3ZnO + 2H_2O$
CO_3Zn, $7ZnO + 2H_2O$.

c) *Plomb.* Voici, d'après H. Rose, la composition des hydrocarbonates plombiques, produits dans des conditions déterminées :

$6CO_3Pb + Pb(OH)_2 + H_2O$; mélange de solutions *concentrées* et *froides*, en quantités équivalentes, d'azotate plombique et de carbonate sodique.

$5CO_3Pb + Pb(OH)_2$; . . . mêmes solutions *étendues* et *froides*.

$3CO_3Pb + Pb(OH)_2$; . . . » » *étendues* et *bouillantes*.

$2CO_3Pb + Pb(OH)_2$; . . . » » avec excès de carbonate alcalin.

d) *Cuivre.* Deux hydro-carbonates basiques de cuivre sont des composés naturels, la *malachite* et l'*azurite;* l'un et l'autre ont pu être reproduits artificiellement.

$CuCO_3 + CuO + 2H_2O$
$CuCO_3 + CuO + H_2O$ (malachite)
$2CuCO_3 + CuO + H_2O$ (azurite).

e) *Cobalt et nickel.* Voici quelques-uns des carbonates basiques formés par ces métaux.

$2(CoCO_3 + CoH_2O_2) + 5H_2O$; sels de cobalt précipités à froid par un carbonate alcalin.

$(CoCO_3)_2 + (CoH_2O_2)_5 + H_2O$; précipité précédent lavé à l'ébullition.

$CoCO_3 + 3(CoH_2O_2) + H_2O$; le même bouilli avec du carbonate sodique, etc.

$2NiCO_3 + 3NiH_2O_2 + 2H_2O$; précipitation à froid du sulfate de nickel par le carbonate sodique.

Une remarque d'une application générale à faire, c'est que ces précipités deviennent de plus en plus basiques à mesure que la température est plus élevée; tous d'ailleurs, comme les hydrates correspondants, se décarbonatent et se déshydratent totalement sous l'action d'une chaleur plus ou moins intense. J'admets que la cause qui a déterminé la complication moléculaire de ces composés, l'accumulation des radicaux métalliques dans un même produit, maintient ce même résultat, alors qu'elle détermine, quand elle atteint à plus d'intensité, un véritable oxyde; la production d'un simple oxyde *monométallique* RO_x aurait pour conséquence de faire réaliser par la chaleur, à un moment donné, un effet tout contraire, aux effets antérieurement amenés par elle.

AZOTATES, SULFATES ET CHLORURES.

Il s'agit d'un phénomène au fond analogue à celui que nous venons d'examiner.

Nous venons de voir certains carbonates, formés au sein de l'eau, être décomposés par celle-ci, d'une manière partielle, avec formation d'hydroxyde et production finale d'hydrocarbonate basique, le résidu halogénique CO_3 étant remplacé par l'hydroxyle (OH).

Des azotates, des sulfates et des chlorures de certains métaux, notamment de ceux dont les oxydes constituent, comme l'on dit, des bases faibles, subissent de la part de l'eau une décomposition du même genre.

Suivant les conditions de la réaction, un sel primitivement *neutre* de composition, c'est-à-dire où le métal M et le résidu halogénique Rh représentent un même nombre d'unités d'action chimique

$$\overset{x}{M} - \overset{x}{Rh}$$

est transformé d'abord en un sel basique, et ultérieurement, sous l'action de l'eau en plus grande masse et à chaud, seule ou alcalinisée, en un oxyde proprement dit.

Voici quelques exemples intéressants de ce genre de décomposition :

Azotates. L'*azotate mercurique* $HgAzO_3$, soumis à l'action de l'eau froide, se transforme d'abord en azotate basique trimercurique

$$HgAgO_5 + 2HgO,$$

sel jaune que l'on désigne quelquefois sous le nom de *turbith nitreux*. Par des lavages prolongés à l'eau, ce sel devient de plus en plus basique; Kane a décrit un sel de la composition $HgAzO_3 + 5HgO$; finalement, il fournit de l'oxyde mercurique.

L'*azotate de bismuth* $Bi(AzO_3)_3$ se comporte de la même manière.

Sulfates. L'eau en grande quantité, froide ou chaude, transforme le *sulfate mercurique* $HgSO_4$ en *sulfate trimercurique* $HgSO_4 + 2HgO$, lequel, sous l'action d'une solution alcaline, devient lui-même, en fin de compte, de l'oxyde mercurique.

La dissolution de l'*oxyde d'antimoine* dans l'acide sulfurique fumant fournit un sel cristallisé, répondant, suivant Péligot, à la formule Sb_2O_3, $2SO_3$. Celui-ci, traité par l'eau, fournit un sel *basique* représenté par H_2SO_4, $2Sb_2O_3$, lequel se décompose totalement par l'eau en grande masse en fournissant de l'oxyde d'antimoine.

Chlorures. L'un des plus intéressants à étudier sous ce rapport est le *trichlorure d'antimoine* $SbCl_3$. Traité par l'eau, ce composé fournit, comme l'azotate bismuthique, des précipités blancs d'oxy-chlorure qui finalement se transforment en anhydride antimonieux Sb_2O_3. L'un de ces composés, cristallin, répond à la formule $Sb_4O_3Cl_2$ ou $5Sb_2O_3 + 2SbCl_3$.

On sait avec quelle facilité l'*oxyde* et le *chlorure mercuriques* se combinent par addition en formant des *oxychlorures* $(HgO)_x(HgCl_2)_y$. Ceux-ci peuvent être obtenus de diverses manières et ont une composition fort variée : plusieurs sont cristallins. L'un de ces derniers répond à la formule $6HgO + HgCl_2$. Tous, traités par une solution alcaline, se transforment en *oxyde mercurique*.

Il est naturel d'admettre qu'au moment où ces divers composés basiques se transforment soit sous l'action de l'eau seule, soit sous l'action de l'eau alcalinisée, en oxyde proprement dit, par l'élimination totale du résidu halogénique et son remplacement par de l'oxygène, les soudures qui maintiennent dans une seule et même molécule les divers radicaux ou atômes de métal, persistent invariablement; l'action de l'eau les ayant primitivement déterminées, il serait illogique d'admettre qu'à un certain moment elle vienne à les rompre.

ANHYDRIDES ACIDES.

J'appliquerai le même raisonnement à la production des oxydes anhydres par l'action des acides forts sur leurs sels et spécialement sur leurs acides anhydres. Ainsi en est-il des chrômates.

A l'anhydride chrômique CrO_3, correspondent trois séries de sels, notamment de sels à métal alcalin :

Monochrômate.	K_2CrO_4	$K_2O - CrO_3$.
Bichrômate	$K_2Cr_2O_7$	$K_2O - 2CrO_3$.
Trichrômate.	$K_2Cr_3O_{10}$	$K_2O - 3CrO_3$.

Sous l'action d'un acide tel que l'acide sulfurique, le monochrômate est susceptible de se transformer successivement en bi- ou trichrômate, et finalement en anhydride chrômique CrO_3.

Je ne puis admettre qu'au moment où cet oxyde est mis en liberté sous l'action prolongée du même corps qui en avait déterminé l'accumulation dans une seule molécule, la condensation de celle-ci vienne à disparaître; cet anhydride doit donc représenter moléculairement un multiple de CrO_3.

Nous trouvons au reste une preuve directe de cette polymérisation dans la décomposition des *arsénites* par les acides. Parmi ces sels, il en est quelques-uns qui renferment dans leur molécule plusieurs fois la molécule minimum As_2O_3, tels sont

$$H_2O,\ K_2O,\ (As_2O_3)_2.$$
$$K_2O,\ (As_2O_3)_2.$$
$$3H_2O,\ 2K_2O,\ (As_2O_3)_3.$$

Tous ces sels fournissent, sous l'action des acides, de l'anhydride arsénieux, lequel, *même à l'état de vapeur*, est représenté non par As_2O_3, mais bien par $(As_2O_3)_2$.

On voit ici, à l'évidence, l'accumulation des radicaux qui existait dans le sel primitif persister dans l'oxyde expulsé.

DENSITÉ COMPARÉE DES OXYDES.

Je trouve dans la comparaison que l'on peut faire du poids spécifique des oxydes métalliques, avec le poids spécifique d'autres composés renfermant le même radical, un nouvel argument qui tend à prouver aussi que le poids moléculaire de ces corps est en réalité un multiple de celui qui leur est assigné par les formules RO_x dont on se sert généralement pour les représenter.

Le poids spécifique dans les corps solides est sans doute essentiellement et directement en rapport avec leur état d'agrégation; son chiffre n'est pas néanmoins abandonné au hasard; comme toutes les autres, cette propriété est en relation intime avec la composition des corps et l'élévation de leur poids moléculaire. Cette relation apparaît à l'évidence alors que l'on vient à comparer les poids spécifiques de corps solides isomorphes, différant par des éléments dont les poids atomiques sont assez éloignés, quant à leur valeur numérique.

La densité est donc, dans une certaine mesure, fonction du poids moléculaire.

Si les oxydes répondaient immédiatement aux hydrates normaux correspondants, moins de l'eau, ainsi que l'exprime la formule générale

$$\overset{x}{R}(OH)_x = \overset{x}{R}O_{\frac{x}{2}} - \frac{x}{2}H_2O,$$

il en résulterait qu'ayant un poids moléculaire moindre que les hydroxydes, leur densité à l'état solide devrait être aussi plus faible que celle de ceux-ci.

C'est en effet la relation que l'on observe, sous ce rapport, entre les glycols et leurs anhydrides, les oxydes des radicaux C_nH_{2n}.

	Poids moléculaire.	Densité.
$C_2H_4(OH)_2$	62	1,126 à 0°
C_2H_4-O	45	0,898 à 0°
$C_3H_6(OH)_2$	76	1,051 à 0°
C_3H_6-O	59	0,859 à 0°
$C_5H_{10}(OH)_2$	104	0,987 à 0°
$C_5H_{10}O$	87	0,824 à 0°

C'est une différence d'un ordre précisément inverse que l'on constate entre les hydrates métalliques et leurs anhydrides; ceux-ci se font en général remarquer par l'élévation de leur densité; on voit même celle-ci s'élever, progressivement à partir de l'hydroxyde, au fur et à mesure que la déshydratation devient plus complète, dans les oxy-hydroxydes, pour atteindre son maximum dans les oxydes proprement dits.

Voici quelques exemples de ce fait bien remarquable :

		Poids moléculaire.	Densité.
$Mg(OH)_2$	Brucite	58	2, 34.
MgO	Périclase	40	3, 65.
$Zn(OH)_2$	Cristallisé	99	2, 677.
ZnO	Cristallisé	81	6, 00 environ.
	Amorphe	»	5, 6.
$Mn_2O_3 + H_2O$	Acerdèse	176	4, 325.
Mn_2O_3	Braunite	158	4, 75.
$Bo(OH)_3$	Cristallisé	62	1, 48.
Bo_2O_3	Fondu	70	1, 83.
$2Fe_2O_3, 3H_2O$	Limonite	374	3, 6 à 4.
$Fe_2O_3H_2O$	Goethite	178	4, 0 à 4, 4.
Fe_2O_3	Oligiste	160	5, 24 à 5, 28.
	Calciné	»	5, 04 à 5, 17.
$Al_2O_3, 3H_2O$	Hydrargilite	157	2, 35.
Al_2O_3, H_2O	Diaspore	121	3, 45.
Al_2O_3	Corindon	103	4, 0.

Il est bon de faire remarquer en ce moment que l'on observe une différence notable, quant à la densité, entre les combinaisons polymères, alors qu'elles sont comparables. En voici quelques exemples :

		Poids moléculaire.	Densité.
C_2H_4O	Aldéhyde acétique	44	0,801 à 0°.
	Oxyde d'éthylène	»	0,898 à 0°.
$(C_2H_4O)_2$	Oxyde de diéthylène	88	1,048 à 0°.
$(C_2H_4O)_3$	Paraldéhyde	132	0,998 à 15°.
C_5H_8	Isopropyl-acétylène[1]	68	0,652 à 11°.
$C_{10}H_{16}$	Térébenthène	136	0,8767 à 0°.
$C_{20}H_{32}$	Colophène	272	9,94 à 9°.
C_5H_{10}	Amylène	70	0,663 à 0°.
$C_{10}H_{20}$	Diamylène	140	0,777 à 0°.
$C_{15}H_{30}$	Triamylène	210	0,8139.

Des relations du même genre que celles que l'on constate entre les hydroxydes et les oxydes s'observent entre ceux-ci et les chlorures.

Les oxydes des radicaux organiques C_nH_{2n} ont une densité notablement inférieure à celle des chlorures correspondants et en une certaine mesure, en rapport avec la différence des poids moléculaires de ces composés.

		Poids moléculaires.	Densité.
C_2H_4O	aldéhyde acétique	44	0,801 à 0°.
	oxyde d'éthylène	»	0,898 »
$C_2H_4Cl_2$	chlorure d'éthylène	99	1,256 à 12°.
	» d'éthylidène	»	1,189 à 4°5.
C_3H_6O	aldéhyde propionique	58	0,8074 à 21°.
	oxyde de propylène	»	0,859 à 0°.
	acétone	»	0,814 à 0°.
$C_3H_6Cl_2$	chlorure aldéhydique	113	1,143 à 10°.
	» propylénique	»	1,1584 à 0°.
	» acétonique	»	1,117 à 0°.
	» biprimaire	»	1,201 à 15°.

(1) BRUYLANTS, *Dissertation inaugurale*. Louvain 1875.

C'est en effet la relation que l'on observe, sous ce rapport, entre les glycols et leurs anhydrides, les oxydes des radicaux C_nH_{2n}.

	Poids moléculaire.	Densité.
$C_2H_4(OH)_2$	62	1,126 à 0°
C_2H_4-O	45	0,898 à 0°
$C_3H_6(OH)_2$	76	1,051 à 0°
C_3H_6-O	59	0,859 à 0°
$C_5H_{10}(OH)_2$	104	0,987 à 0°
$C_5H_{10}O$	87	0,824 à 0°

C'est une différence d'un ordre précisément inverse que l'on constate entre les hydrates métalliques et leurs anhydrides; ceux-ci se font en général remarquer par l'élévation de leur densité; on voit même celle-ci s'élever, progressivement à partir de l'hydroxyde, au fur et à mesure que la déshydratation devient plus complète, dans les oxy-hydroxydes, pour atteindre son maximum dans les oxydes proprement dits.

Voici quelques exemples de ce fait bien remarquable :

		Poids moléculaire.	Densité.
$Mg(OH)_2$	Brucite	58	2, 34.
MgO	Périclase	40	3, 65.
$Zn(OH)_2$	Cristallisé	99	2, 677.
ZnO	Cristallisé	81	6, 00 environ.
	Amorphe	»	5, 6.
$Mn_2O_3 + H_2O$	Acerdèse	176	4, 325.
Mn_2O_3	Braunite	158	4, 75.
$Bo(OH)_3$	Cristallisé	62	1, 48.
Bo_2O_3	Fondu	70	1, 83.
$2Fe_2O_3, 3H_2O$	Limonite	374	3, 6 à 4.
$Fe_2O_3H_2O$	Goethite	178	4, 0 à 4, 4.
Fe_2O_3	Oligiste	160	5, 24 à 5, 28.
	Calciné	»	5, 04 à 5, 17.
$Al_2O_3, 3H_2O$	Hydrargilite	157	2, 35.
Al_2O_3, H_2O	Diaspore	121	3, 45.
Al_2O_3	Corindon	103	4, 0.

Tous ces sels fournissent, sous l'action des acides, de l'anhydride arsénieux, lequel, *même à l'état de vapeur,* est représenté non par As_2O_3, mais bien par $(As_2O_3)_2$.

On voit ici, à l'évidence, l'accumulation des radicaux qui existait dans le sel primitif persister dans l'oxyde expulsé.

DENSITÉ COMPARÉE DES OXYDES.

Je trouve dans la comparaison que l'on peut faire du poids spécifique des oxydes métalliques, avec le poids spécifique d'autres composés renfermant le même radical, un nouvel argument qui tend à prouver aussi que le poids moléculaire de ces corps est en réalité un multiple de celui qui leur est assigné par les formules RO_x dont on se sert généralement pour les représenter.

Le poids spécifique dans les corps solides est sans doute essentiellement et directement en rapport avec leur état d'agrégation; son chiffre n'est pas néanmoins abandonné au hasard; comme toutes les autres, cette propriété est en relation intime avec la composition des corps et l'élévation de leur poids moléculaire. Cette relation apparaît à l'évidence alors que l'on vient à comparer les poids spécifiques de corps solides isomorphes, différant par des éléments dont les poids atomiques sont assez éloignés, quant à leur valeur numérique.

La densité est donc, dans une certaine mesure, fonction du poids moléculaire.

Si les oxydes répondaient immédiatement aux hydrates normaux correspondants, moins de l'eau, ainsi que l'exprime la formule générale

$$\overset{x}{R}(OH)_x = \overset{x}{R}O_{\frac{x}{2}} - \frac{x}{2}H_2O,$$

il en résulterait qu'ayant un poids moléculaire moindre que les hydroxydes, leur densité à l'état solide devrait être aussi plus faible que celle de ceux-ci.

C'est en effet la relation que l'on observe, sous ce rapport, entre les glycols et leurs anhydrides, les oxydes des radicaux C_nH_{2n}.

	Poids moléculaire.	Densité.
$C_2H_4(OH)_2$	62	1,126 à 0°
C_2H_4-O	45	0,898 à 0°
$C_3H_6(OH)_2$	76	1,051 à 0°
C_3H_6-O	59	0,859 à 0°
$C_5H_{10}(OH)_2$	104	0,987 à 0°
$C_5H_{10}O$	87	0,824 à 0°

C'est une différence d'un ordre précisément inverse que l'on constate entre les hydrates métalliques et leurs anhydrides; ceux-ci se font en général remarquer par l'élévation de leur densité; on voit même celle-ci s'élever, progressivement à partir de l'hydroxyde, au fur et à mesure que la déshydratation devient plus complète, dans les oxy-hydroxydes, pour atteindre son maximum dans les oxydes proprement dits.

Voici quelques exemples de ce fait bien remarquable :

		Poids moléculaire.	Densité.
$Mg(OH)_2$	Brucite	58	2, 34.
MgO	Périclase	40	3, 65.
$Zn(OH)_2$	Cristallisé	99	2, 677.
ZnO	Cristallisé	81	6, 00 environ.
	Amorphe	»	5, 6.
$Mn_2O_3 + H_2O$	Acerdèse	176	4, 325.
Mn_2O_3	Braunite	158	4, 75.
$Bo(OH)_3$	Cristallisé	62	1, 48.
Bo_2O_3	Fondu	70	1, 83.
$2Fe_2O_3, 3H_2O$	Limonite	374	3, 6 à 4.
$Fe_2O_3H_2O$	Goethite	178	4, 0 à 4, 4.
Fe_2O_3	Oligiste	160	5, 24 à 5, 28.
	Calciné	»	5, 04 à 5, 17.
$Al_2O_3, 3H_2O$	Hydrargilite	157	2, 35.
Al_2O_3, H_2O	Diaspore	121	3, 45.
Al_2O_3	Corindon	103	4, 0.

Il est bon de faire remarquer en ce moment que l'on observe une différence notable, quant à la densité, entre les combinaisons polymères, alors qu'elles sont comparables. En voici quelques exemples :

		Poids moléculaire.	Densité.
C_2H_4O	Aldéhyde acétique	44	0,801 à 0°.
	Oxyde d'éthylène	»	0,898 à 0°.
$(C_2H_4O)_2$	Oxyde de diéthylène	88	1,048 à 0°.
$(C_2H_4O)_3$	Paraldéhyde	132	0,998 à 15°.
C_5H_8	Isopropyl-acétylène[1]	68	0,652 à 11°.
$C_{10}H_{16}$	Térébenthène	136	0,8767 à 0°.
$C_{20}H_{32}$	Colophène	272	9,94 à 9°.
C_5H_{10}	Amylène	70	0,663 à 0°.
$C_{10}H_{20}$	Diamylène	140	0,777 à 0°.
$C_{15}H_{30}$	Triamylène	210	0,8139.

Des relations du même genre que celles que l'on constate entre les hydroxydes et les oxydes s'observent entre ceux-ci et les chlorures.

Les oxydes des radicaux organiques C_nH_{2n} ont une densité notablement inférieure à celle des chlorures correspondants et en une certaine mesure, en rapport avec la différence des poids moléculaires de ces composés.

		Poids moléculaires.	Densité.
C_2H_4O	aldéhyde acétique	44	0,801 à 0°.
	oxyde d'éthylène	»	0,898 »
$C_2H_4Cl_2$	chlorure d'éthylène	99	1,256 à 12°.
	» d'éthylidène	»	1,189 à 4°3.
C_3H_6O	aldéhyde propionique	58	0,8074 à 21°.
	oxyde de propylène	»	0,839 à 0°.
	acétone	»	0,814 à 0°.
$C_3H_6Cl_2$	chlorure aldéhydique	113	1,143 à 10°.
	» propylénique	»	1,1584 à 0°.
	» acétonique	»	1,117 à 0°.
	» biprimaire	»	1,201 à 15°.

---

[1] BRUYLANTS, *Dissertation inaugurale*. Louvain 1875.

		Poids moléculaire.	Densité.
$C_5H_{10}O$	aldéhyde valérique. . . .	86 . . .	0, 822 à 0°.
	oxyde d'amylène.	» . . .	0, 824 à 0°.
	acétones diverses	» . .	0, 8132 à 13°. 0, 8099 à 13°. 0, 813 à 20°.
$C_5H_{10}Cl_2$ . . .	chlorure aldéhydique . .	141 . . .	1, 05 à 24°.
	» d'amylène . . .	» . . .	1, 058 à 9°.
	» acétonique . . .	» . . .	1, 06 à 5° (1).

C'est encore une différence d'un genre précisément inverse que l'on observe entre les chlorures et les oxydes correspondants, des éléments métalliques en général ; la densité des oxydes est notablement plus élevée que celles des chlorures analogues en apparence. Voici quelques exemples de ce fait certainement bien digne de remarque :

	Poids moléculaire.	Densité.
$CaCl_2$	111 . . .	2, 16 à 2, 205.
CaO.	56 . . .	3, 08 à 3, 2.
$ZnCl_2$	136 . . .	2, 753 (Bödeker).
ZnO.	81 . . .	5, 7334 (Karsten).
$CdCl_2$	183 . . .	3, 625 (Bödeker)
CdO.	128 . . .	6, 9502 (Karsten).
$PbCl_2$	278 . . .	5, 802 (Karsten).
PbO.	223 . . .	9, 2 à 9, 5.
$PbCl_2 + PbO$ Mendipite. .	491 . . .	7, 00 à 7, 10 (Berzélius).
$PbCl_2 + 2PbO$ Matlockite. .	724 . . .	7, 21 (Rammelsberg).
Hg_2Cl_2.	471 . . .	6, 56 (Schiff) 7, 14 (Boullay).
Hg_2O	416 . .	8, 95 (Karsten). 10, 69 (Herapath).
$HgCl_2$	271 . . .	5, 4 (Karsten).
HgO cristallisé	216 . . .	11, 29 (Roger et Dumas)

(1) BRUYLANTS, *Dissertation inaugurale.*

	Poids moléculaire.	Densité.
Cu_2Cl_2 fondu	198	3,677 (Karsten).
Cu_2O	143	5,749 à 6,093.
Ag_2Cl_2 fondu	287	5,59 (Schröder).
Ag_2O	232	7,143 (Herapath). 8,2558 (Karsten).
$NiCl_2$	129,75	2,52 (Schiff).
NiO	74,75	6,398 (Bergmann).

On constate des rapports du même genre entre les oxydes et les carbonates correspondants.

MgO	Périclase	3,65.
$MgCO_3$	Giobertite	2,99 à 3,15.
ZnO	Cristallisé	6,00
$ZnCO_3$	Smithsonite	4,3 ou 4,45.
CaO		3,08 à 3,2.
$CaCO_3$	Calcaire	2,7
	Aragonite	2,9.
SrO		4,61.
$SrCO_3$	Strontianite	3,6
PbO		9,2 à 9,5.
$PbCO_3$	Cérusite	6,57.
BaO		5,4.
$BaCO_3$	Withérite	4,28.

La différence considérable que l'on observe, quant à la densité, entre certains oxydes et les sels basiques anhydres, est également bien digne d'être notée; c'est le cas pour l'oxyde mercurique et le sulfate tri-métallique correspondant.

	Poids moléculaire.	Densité.
HgO	216	10,69.
$(HgO)_3-SO_3$	728	6,444.

L'étude que l'on peut faire des oxydes, tant sous le rapport physique que sous le rapport chimique, légitime, ce me semble, cette conclusion générale, *que pour la plupart, les oxydes sont des composés que l'on ne peut rapprocher des chlorures; que les oxydes réels, vraiment assimilables aux chlorures, nous sont presque tous inconnus, que nous n'en possédons que des polymères* $(RO_x)_n$.

VALEUR DU COEFFICIENT DE POLYMÉRISATION.

Il se présente maintenant une nouvelle question à examiner : quelle est la valeur réelle de ce coefficient n de polymérisation? Quelle est la véritable formule moléculaire de ces oxydes polymères?

Ces questions sont sans doute du plus haut intérêt, mais je déclare immédiatement qu'il est absolument impossible de leur donner une solution exacte et précise; je ne connais aujourd'hui aucun fait qui permette d'assigner une valeur absolue à ce coefficient n de polymérisation; nous sommes sous ce rapport vis-à-vis des oxydes métalliques dans la même impuissance totale que vis-à-vis des oxydes polymères solides que nous rencontrons en chimie organique, l'oxyde de méthylène, la méta-aldéhyde, etc.

Ce qu'il est permis, ce me semble, d'affirmer en se basant sur les données actuelles, c'est que *ce chiffre doit être, dans la généralité des cas, fort élevé, tout en étant d'ailleurs différent suivant les divers oxydes.*

Je dis d'abord que ce coefficient doit être fort élevé et que le poids moléculaire de nos oxydes métalliques doit être considérable.

Cette conclusion résulte du rapprochement de quelques faits déjà signalés antérieurement dans le cours de ce travail, mais qu'il importe de rappeler en ce moment.

L'oxygène est un élément doué, en réalité, malgré des apparences contraires, d'un grand pouvoir de volatilisation; on le voit, en effet, former des oxydes gazeux ou au moins très-volatils, avec

certains éléments qui le sont relativement peu, tels que le soufre, ou même totalement fixes, tels que le carbone, l'osmium, etc. A ces oxydes normaux, ou du moins réguliers dans leurs allures physiques, correspondent des chlorures d'une volatilité notablement inférieure; les composés carbonés en sont un exemple remarquable :

CO_2 gazeux Éb. — 78°.
CCl_4 liquide Éb. + 76°.

Cela étant, il est permis d'affirmer qu'à beaucoup de chlorures d'éléments métalliques devraient correspondre des oxydes réguliers, gazeux à la température ordinaire ou tout au moins très volatils. Ainsi en devrait-il être notamment des véritables oxydes silicique SiO_2, aluminique Al_2O_3, etc.

$SiCl_4$ liquide. . . . . Éb. + 58°.
Al_2Cl_6 solide volatil au-dessus de 100°.

Dans la réalité, ces oxydes que je regarde comme des polymères $(SiO_2)_n$, $(Al_2O_3)_n$ sont fixes.

La chimie organique nous fournit quelques renseignements sur la relation qui existe dans les polymères, entre la volatilité et le poids moléculaire.

Je ne rappellerai de ces faits, d'ailleurs peu nombreux, que ceux qui concernent des oxydes assimilables aux oxydes métalliques et notamment les oxydes C_2H_4O.

		Poids moléc.			Différence.
Oxyde d'éthylène. .	C_2H_4O. . .	44	liquide	éb. 13°5	88°,5.
Dioxyde.	$(C_2H_4O)_2$. .	88	»	» 102°	
Aldéhyde.	C_2H_4O. . .	44	liquide	éb. 21°	103°.
Para-aldéhyde. . .	$(C_2H_4O)_3$. .	132	»	» 124°	

On voit quelle est la différence de volatilité entre des corps dont les poids moléculaires à l'état gazeux varient du simple au double ou au triple.

Or il y a entre un corps qui doit être gazeux ou très-volatil tel que SiO_2 et un corps *fixe* tel que l'est en réalité l'anhydride sili-

cique que nous connaissons, une différence qui ne peut être rapprochée de celle qui sépare, quant à la volatilité, l'oxyde d'éthylène et l'aldéhyde acétique de leurs polymères. Si l'anhydride silicique est, comme je le pense, un polymère $(SiO_2)_n$, ce chiffre n doit recevoir une valeur considérable, et considérable doit être aussi le poids de sa molécule.

On arrive à la même conclusion si l'on tient compte des renseignements qui nous sont fournis par la densité relative des chlorures des radicaux C_nH_{2n}, des oxydes correspondants et de leurs polymères.

Ainsi que je l'ai déjà fait remarquer plus haut, la densité des chlorures est plus élevée que celle des oxydes des mêmes radicaux; la densité dans les polymères de ceux-ci s'élève en se rapprochant de celle des chlorures; or on constate des différences quelquefois considérables, quant à la densité, entre les chlorures et les oxydes métalliques, en faveur de ceux-ci.

Si l'on tient compte des différences assez faibles, d'ailleurs, que l'on observe entre la densité des oxydes $C_nH_{2n}O$ et celle de leurs polymères $(C_nH_{2n}O)$ ou $(C_nH_{2n}O)_3$, on est amené à conclure que le coefficient n de polymérisation des oxydes métalliques doit être fort élevé, pour élever la densité d'un oxyde de manière qu'elle soit environ le double de celle du chlorure correspondant, ainsi qu'on le constate fréquemment.

Je dis ensuite que la condensation moléculaire est différente dans les divers oxydes métalliques.

A priori, il doit en être ainsi. Ce qui tend à prouver que cette différence existe en réalité, c'est que la distance qui sépare au point de vue physique, en ce qui concerne la fusibilité, la volatilité, la densité, etc., les divers oxydes des chlorures correspondants, est fort inégale.

Où cette condensation me paraît atteindre son maximum, c'est dans certains oxydes fixes et presque infusibles, tels que l'anhydride silicique, l'alumine, etc., correspondant à des chlorures éminemment volatils. Peut-être pourrait-on rattacher à l'énorme condensation de leurs molécules, la force extrême de résistance que ces corps opposent aux agents chimiques, et notamment aux

corps simples agissant seuls, tels que l'hydrogène, le carbone, le chlore, le soufre, etc.

Il n'a jamais été interdit d'établir des rapprochements entre les faits et les phénomènes du règne minéral et ceux que nous offre le règne organique. Dans cet ordre d'idées, je pourrais comparer nos oxydes métalliques, tels que nous les connaissons aujourd'hui, à ces colonies, quelquefois si nombreuses, que constituent certains animaux inférieurs et dont les polypiers sont de curieux exemples. Pas plus qu'un naturaliste n'est autorisé à confondre, ou plutôt à assimiler l'hydre modeste qui vit solitaire dans les eaux de nos fossés, avec ces polypiers quelquefois gigantesques des mers tropicales, pas plus un chimiste n'est autorisé à confondre les oxydes métalliques, non polymérisés, et dans leur état normal, théoriquement du moins, avec les produits de même composition que nous possédons seuls actuellement.

ORIGINE ET MÉCANISME DE LA POLYMÉRISATION DES OXYDES.

Quelle est l'origine ou plutôt quel est le mécanisme de cette condensation moléculaire, si générale dans les oxydes, alors qu'elle est absente dans les chlorures?

La nature chimique diverse de ces deux éléments nous rend compte de la différence d'allures moléculaires de leurs composés.

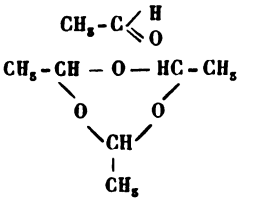
Le chlore est essentiellement un élément *atomiquement monovalent* et l'oxygène un élément *atomiquement bivalent.*

La conséquence de cette qualité dans l'oxygène est la possibilité pour lui de maintenir fixés vis-à-vis d'un atôme unique - O - deux radicaux polyvalents, en se soudant à chacun de ceux-ci par une seule de ces unités d'action chimique.

Considéré au point de vue atomique et moléculaire tout à la fois, l'acte intime de la polymérisation consiste au fond dans un simple déplacement de l'oxygène vis-à-vis du radical auquel il était uni, déplacement ou glissement qui a pour but et pour résultat de placer chaque atôme d'oxygène en regard de deux atômes différents de radical, appartenant à des molécules diverses et libres, pour les maintenir vis-à-vis de lui et souder ainsi d'une

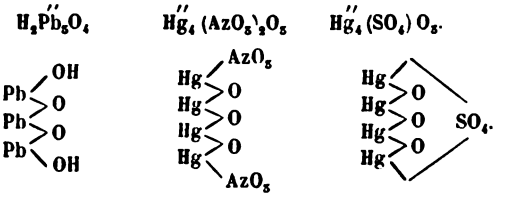
manière permanente en un tout unique deux molécules d'abord isolées et distinctes.

La transformation de l'aldéhyde acétique en son polymère triple, la *paraldéhyde*, est un exemple intéressant de cette migration atomique.

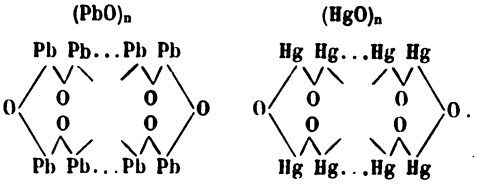


Des faits du même genre se produisent dans les oxydes métalliques et de la même manière.

Les symboles suivants peuvent représenter, dans cet ordre d'idées, la structure des molécules de quelques composés basiques précédemment signalés.



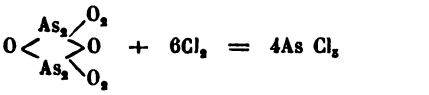
Les oxydes polymères correspondants $(PbO)_n$ et $(HgO)_n$ peuvent être représentés à leur tour par des symboles analogues.

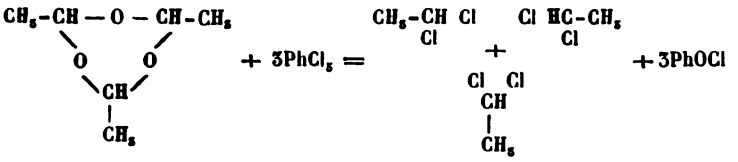


Il se forme ainsi des sortes de chaînes fermées de radicaux polyvalents, en nombre *n* d'atômes reliés entre eux par des atômes d'oxygène.

On conçoit que le nombre des atômes des radicaux R accumulés dans ces molécules complexes, peut-être considérable; il est théoriquement illimité.

De semblables associations ne peuvent pas se former dans les chlorures, à cause de la nature même du chlore, lequel constitue un élément *mono-valent* incapable, par conséquent, de maintenir vis-à-vis de son atôme deux atômes différents et distincts. Aussi toute condensation moléculaire disparaît alors que, dans un oxyde polymère, on remplace l'oxygène par le chlore; ainsi en est-il de l'anhydride arsénieux $(A_2O_3)_2$ qui, sous l'action du chlore lui-même, se transforme en chlorure $AsCl_3$, des polymères des oxydes bivalents $(C_nH_{2n}O)$, particulièrement de ceux des aldéhydes, qui, sous l'action du pentachlorure de phosphore, fournissent les chlorures $C_nH_{2n}Cl_2$, identiques à ceux que fournissent les oxydes eux-mêmes $C_nH_{2n}O$.





CHALEUR DE FORMATION DES OXYDES.

La combinaison d'un corps avec lui-même ou l'acte de la polymérisation est accompagné d'un dégagement de chaleur, comme l'acte de toute combinaison entre corps hétérogènes, et ce dégagement de chaleur peut atteindre quelquefois à un haut degré d'intensité; ainsi en est-il de la combustion *interne, spontanée* dans le sens complet du mot, que subissent certains oxydes métalliques pulvérulents que l'on chauffe (*oxydes cuits* de M. Chevreul).

La quantité de chaleur dégagée, au moment de la formation d'un oxyde RO_x par voie directe, a donc, au point de vue exclusivement chimique, une double origine, c'est tout à la fois la chaleur de combinaison des éléments et la chaleur de polymérisation. Il résulte de là que le phénomène chimique de la production d'un chlorure par voie directe n'est nullement assimilable à celui

de la production d'un oxyde. Alors que l'on parvient à rendre les phénomènes de combinaison comparables au point de vue physique, on trouve dans le dégagement de chaleur qui les accompagne, la mesure absolue de la différence des affinités qui relient leurs éléments. Cela étant, on doit admettre que la différence d'affinité qu'éprouvent le chlore et l'oxygène pour les métaux, est plus grande en réalité que les phénomènes thermiques tels qu'on les constate directement, ne permettent de l'admettre.

ACTION DE LA CHALEUR SUR LES OXYDES.

LEUR CLASSIFICATION.

Si l'on envisage les oxydes dans leur ensemble, tels qu'ils se présentent à nous, dans leur manière d'être actuelle, tant au point de vue moléculaire qu'au point de vue de l'action qu'ils subissent de la part de la chaleur, on peut les répartir en divers groupes.

Je rangerai dans un *premier groupe* les oxydes que l'on pourrait désigner sous le nom de *normaux* ou de *réguliers*, qui correspondent naturellement et moléculairement aux chlorures.

Ces oxydes sont fort peu nombreux; les anhydrides *sulfureux* SO_2 et *carbonique* CO_2, les oxydes AzO, Az_2O, CO en sont des exemples.

Dans un *second groupe*, je rangerai les oxydes *polymérisés*, dont la molécule se constitue d'un nombre n de molécules d'oxydes normaux RO_x, soudées ensemble.

Ce groupe renferme la plupart des combinaisons de cette sorte.

Au point de vue de l'action qu'ils subissent de la part de la chaleur, les oxydes de ce groupe peuvent être répartis en plusieurs catégories distinctes.

Première catégorie. *Oxydes volatils et totalement dépolymérisables, réductibles en vapeur correspondant à un oxyde normal.*

Le nombre de ces oxydes est aussi relativement restreint. Il serait encore possible d'en distinguer de deux sortes :

a) *Des oxydes qui sont dépolymérisés d'une manière complète,*

dès leur volatilisation, et dont la densité de vapeur est normale dès ce moment.

C'est le cas pour l'anhydride sulfurique SO_3, pour le peroxyde d'osmium OsO_4, et probablement pour celui de ruthénium RuO_4; c'est le cas pour divers oxydes organiques, l'oxyde de méthylène $(CH_2O)_n$, la méta-aldéhyde $(CH_3-CHO)_n$, etc., les aldéhydes et les acétones en général.

Par le refroidissement de leur vapeur, les oxydes polymères primitifs sont instantanément régénérés.

b) *Des oxydes dont la dépolymérisation, fort imparfaite, au moment de leur volatilisation, ne se complète que d'une manière progressive, sous l'action d'une température élevée.*

La densité de vapeur de ces corps va par conséquent en diminuant à mesure qu'on la détermine à une température plus élevée, jusqu'à un certain point, à partir duquel elle devient constante, normale et correspond à un oxyde normal lui-même.

Je puis citer comme exemples de ces sortes d'oxydes, l'*oxyde per-azotique* Az_2O_4 et les *acides gras*, du moins les premiers termes de la série, les acides formique, acétique, etc., la paraldéhyde $(C_2H_4O)_n$, dont la densité de vapeur, correspondant d'abord à $(C_2H_4O)_3$, correspond, à une température plus élevée, à C_2H_4O, c'est-à-dire à l'aldéhyde elle-même ou l'oxyde éthylidénique normal $CH_3-CH=O$.

Deuxième catégorie. *Oxydes volatils et imparfaitement dépolymérisables, du moins jusqu'ici, pour les températures auxquelles on les a soumis, ainsi que leurs vapeurs.*

Je signalerai comme un type parfait de cette sorte d'oxyde l'anhydride *arsénieux* $(As_2O_3)n$ dont la molécule gazeuse correspond à $(As_2O_3)_2$ [1].

---

[1] L'anhydride arsénieux se volatilise, comme on sait, sans se fondre, vers 200°.

Cette température est une température non d'ébullution proprement dite, mais de dépolymérisation de la molécule complexe $(As_2O_3)_n$. A ce point, les molécules $(As_2O_3)_2$ qui en résultent et qui constituent la vapeur de ce composé, ont atteint et même dépassé depuis longtemps leur point de volatilisation : de là l'absence de fusion.

Beaucoup d'autres corps nous présentent des faits analogues.

Je me propose d'étudier dans un travail spécial que je compte publier prochainement, le phénomène de l'ébullition et de la volatilisation en général envisagé au point de vue de la chimie moléculaire.

Le lactide $(C_3H_4O_2)n$ ou le bioxyde du radical $C_3\overset{IV}{H}_4$

$$\begin{array}{l} C\equiv \\ | \\ CH- \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

est au point de vue moléculaire parfaitement analogue à l'anhydride arsénieux; la molécule de ce corps à l'état de vapeur répond en effet, ainsi que je l'ai constaté précédemment, à $(C_3H_4O_2)_2$.

Pourrait être également rangé, au moins provisoirement, dans cette catégorie, le *bioxyde d'éthylène* $(C_2H_4O)n$ dont la molécule correspond à l'état de vapeur à $(C_2H_4O)_2$.

Troisième catégorie. *Oxydes non susceptibles de dépolymérisation.*

Se rangent dans ce groupe la plupart des oxydes inorganiques, à élément métallique, et quelques oxydes de radicaux organiques.

Il serait possible aussi d'en distinguer de deux sortes :

a) *Des oxydes absolument indépolymérisables, et fixes; tels sont un grand nombre d'oxydes métalliques indécomposables sous l'action de la chaleur, notamment*

SiO_2, Bo_2O_3, SnO_2, ZnO, MgO, Fe_2O_3,
Cr_2O_3, Al_2O_3, PbO, CuO, Cu_2O, etc.

b) *Des oxydes indépolymérisables, parce que, sous l'action de la chaleur, ils se décomposent soit en leurs éléments, soit en composés nouveaux plus simples.*

C'est le cas pour un certain nombre d'oxydes métalliques, réductibles en leurs éléments ou en oxydes moins oxygénés sous l'action de la chaleur, tels que HgO, Ag_2O, Hg_2O, CrO_3, MnO_2, etc.

C'est le cas aussi pour certains oxydes organiques, notamment pour le *glycolide* $(C_2H_2O_2)n$, lequel est le bioxyde du radical tétravalent C_2H_2

$$\begin{array}{l} C\equiv \\ | \\ CH_2 \end{array}$$

l'analogue du lactide. Chauffé, le glycolide se charbonne.

Le tableau suivant résume cette classification :

57.

- Oxydes *normaux*, non polymérisés . . . . . CO; CO_2; SO_2; Az_2O; AzO.
- Oxydes polymérisés
  - volatils et dépolymérisables . . . . . .
    - totalement . .
      - dès la température d'ébullition ou de volatilisation . . . . . SO_3; OsO_4; $(CH_2O)_n$ $(CH_3-CHO)_n$, etc.
      - par surchauffe de la vapeur; dépolymérisation imparfaite à l'ébullition. . . Az_2O_4; para-aldéhyde ; $CH_3-C\begin{cases}O\\OH\end{cases}$, etc.
    - incomplètement. . . . . As_2O_3; $C_3H_4O_2$; $(C_2H_4O)_2$
  - indépolymérisables . .
    - indécomposables et fixes . . . . . SiO_2; SnO_2; Al_2O_3; Cu_2O, etc.
    - décomposables.
      - totalement, en leurs éléments. . . . . Ag_2O; HgO; Hg_2O; etc.
      - partiellement, en oxydes inférieurs . . Fe_2O_3; CrO_3; MnO_2; etc.

Il résulte de tout cet ensemble de considérations et de faits, qu'il existe de grandes et importantes lacunes dans la série des combinaisons oxygénées de la chimie minérale.

Parviendrons-nous jamais à former, à découvrir les *oxydes normaux* dont nous ne connaissons que de si rares représentants et qui doivent être, en général, si différents d'allures de nos oxydes actuels ?

Je ne le sais. Ce qu'il m'est permis d'affirmer, c'est que pour les obtenir, il faudra se placer dans des conditions totalement différentes de celles au milieu desquelles nous opérons aujourd'hui, car nos modes actuels de production des oxydes résument précisément l'ensemble des circonstances dans lesquelles ces composés inconnus se polymérisent et nous échappent.

Je me hâte d'ajouter que s'il serait téméraire d'espérer la possession de ces corps dans un avenir prochain, il le serait davantage encore d'en déclarer la découverte impossible. Ce mot répugne profondément à nos tendances et à nos habitudes scientifiques. Quand on mesure l'étendue des progrès accomplis depuis le commencement de ce siècle dans le domaine si vaste de la chimie, il y a des raisons sérieuses de ne pas se décourager.

Un dernier mot encore avant de terminer. Je dois m'attendre à ce que certains esprits trouvent que j'introduis la complication dans ce qu'ils sont habitués à regarder comme simple. Je leur répondrai comme M. Wurtz, à propos de la doctrine de l'atomicité :

« Avant tout, il faut enseigner la vérité . . . . . .
» ..... Et ici, il semble qu'elle nous est révélée clairement par
» un ensemble de preuves concordantes, tirées de lois physiques
» et de données chimiques (1). »

---

(1) *Dictionnaire de Chimie*, etc., t. I, p. 466, art. *Théorie atomique*.

APPENDICE.

SUR LA DÉSHYDRATATION ET LA CONDENSATION DES HYDROXYDES SOUS L'ACTION DE LA CHALEUR.

J'ai rappelé dans le cours de ce travail que les hydroxydes, soumis à l'action d'une température graduellement croissante, subissent une déshydratation progressive, en même temps que leurs molécules se condensent par l'accumulation de plus en plus grande, dans les résidus oxy-hydroxylés ou simplement hydroxylés, du radical du composé primitif.

Quelle peut être la raison de ce fait général ?

Je ferai remarquer d'abord que ce phénomène est analogue dans ses apparences et ses résultats au phénomène de l'éthérification *directe*, c'est-à-dire à la réaction d'un acide sur un alcool; j'ajoute même qu'il est des exemples d'éthérification qui reproduisent d'une manière complète la production d'un oxyde anhydre à l'aide de son hydroxyde; ce sont les phénomènes d'éthérification *spontanée* ou plutôt *interne* des *acides-alcools*. Le cas le plus simple, où l'on peut suivre pas à pas le travail de déshydratation, nous est offert par l'acide lactique ordinaire (1).

L'acide lactique $C_3H_6O_3$ est le *bihydroxyde* du radical lactyle C_3H_4O que je représenterai par le signe « La ». Chauffé, l'acide lactique donne successivement naissance à deux anhydrides, le soi-disant acide *lactique anhydre*

$$2C_3H_6O_3 - H_2O = \begin{matrix} La \\ La \end{matrix} \Big\langle \begin{matrix} OH \\ O \\ OH. \end{matrix}$$

et le *lactide*

$$2C_3H_6O_3 - 2H_2O = O \left\langle \begin{matrix} La \\ La \end{matrix} \right\rangle O.$$

La déshydratation se fait en deux temps et aux dépens de *deux* molécules *au moins* d'acide.

(1) Voir sur cet objet les travaux de M. Wislicenus, *Annalen der Chemie*, etc., t. CXXXIII, p. 257, et mon travail inséré dans les *Bulletins de l'Académie royale de Bruxelles*, 1874, t. XXXVII, p. 409.

La constitution bien connue, croit-on, de l'acide lactique et qu'exprime la formule généralement admise

$$\begin{array}{l} CO\ OH \\ | \\ CH\ OH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

rend compte d'une manière simple et tout à fait satisfaisante de ce fait.

Les deux groupements hydroxyles ne sont pas équivalents, l'un est *acide* et l'autre *alcool*, et l'action de la chaleur sur l'acide lactique revient, en dernière analyse, à l'action d'un acide sur un alcool, acide et alcool s'éthérifiant mutuellement et successivement pour donner d'abord le soi-disant acide lactique anhydre

$$\left(\begin{array}{l} CO\ OH \\ | \\ CH \\ | \\ CH_3 \end{array}\right) — O — \left(\begin{array}{l} CO \\ | \\ CH\ OH \\ | \\ CH_3 \end{array}\right)$$

produit à la fois éther, acide et alcool, lequel fournit lui-même le *lactide*

$$\left(\begin{array}{l} CO \\ | \\ CH \\ | \\ CH_3 \end{array}\right) \begin{array}{c} — O — \\ — O — \end{array} \left(\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH \\ | \\ CO \end{array}\right)$$

produit *simplement*, mais *doublement* éther.

Si l'on ne connaissait qu'en bloc le radical lactyle La ou C_3H_4O, la raison de cette différence dans la nature de ces hydroxyles nous échapperait totalement; la constitution de ce radical nous la dévoile, elle est tout entière dans l'influence qu'excercent sur ces deux hydroxyles les éléments fixés sur le charbon auxquels ils sont rattachés.

$$\begin{array}{l} — CO \\ \quad | \\ — CH \\ \quad | \\ \quad CH_3 \end{array}$$

Je dois faire remarquer en passant que la molécule du lactide qui, à l'état de vapeur, est représentée par $(C_3H_4O_2)_2$ doit être dans son état naturel, plus complexe; la température d'ébul-

lition de ce corps est au fond la température où l'assemblage $(C_3H_4O_2)_{2n}$ se scinde en produisant le système $(C_3H_4O_2)_2$.

C'est la conclusion à laquelle on arrive logiquement en partant de la constitution moléculaire réelle des acides carboxylés — COOH. La molécule de l'acide acétique est au *minimum* représentée par

$$\begin{array}{c} CH_3 - C - OH \\ O < > O \\ CH_3 - C - OH. \end{array}$$

La formule CH_3 — COOH que l'on attribue communément à cet acide ne représente que le produit du dédoublement de sa molécule sous l'action d'une température élevée. Cela étant, la molécule de l'acide lactique doit être au minimum aussi représentée par

$$\begin{array}{c} OH \\ | \\ CH_3 - CH - C - OH \\ O < > O \\ CH_3 - CH - C - OH \\ | \\ OH \end{array}$$

Lors de la formation de l'acide dilactique et du lactide, ce sont deux molécules de cette nature (1) qui réagissent doublement sur l'une, sur l'autre, et la molécule du lactide doit être au *minimum* $[(C_3H_4O_2)_2]_2$, c'est-à-dire le double de sa molécule à l'état de vapeur.

Quoi qu'il en soit, peut-on assimiler à ces hydroxydes organiques les hydroxydes des radicaux polyatomiques de la chimie minérale et admettre que les divers hydroxyles qu'ils renferment ont des valeurs différentes.

La question peut être résolue par l'affirmative et d'une manière certaine pour quelques-uns d'eux, notamment pour l'acide phosphorique. Les travaux de M. Thómsen (2), de MM. Berthelot et Longuinine (3) nous ont complétement édifiés sur la nature réelle de ce corps.

---

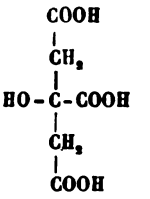
(1) On connaît un sel de l'acide, lactique qui correspond à ce double système, c'est-à-dire à *quatre* molécules d'acide telles qu'on les représente habituellement; ce sel est un tétralactate mono-calcique $C_6H_{10}CaO_6 + 2C_3H_6O_3 + 2H_2O$. Voir Wislicenus, *Lehrbuch der organischen Chemie*, p. 660.

(2) *Jahresbericht der Chemie*, 1870, p. 119, etc.

(3) *Comptes rendus*, t. LXXXI, pp. 1011 et suiv.; 1072 et suiv. (1875).

L'acide orthophosphorique H_3PhO_4 ou le trihydroxyde de phosphoryle $(PhO)(OH)_3$ est un acide tribasique, mais d'une toute autre façon que l'acide citrique. Dans celui-ci, les trois hydroxyles sont parfaitement équivalents, ainsi que le démontre l'identité de leurs chaleurs de *neutralisation* par les bases; l'acide citrique, ainsi que le faisait d'ailleurs prévoir sa formule de structure

$C_6H_8O_7$ $\qquad$ $C_3H_5O-(COOH)_3$



équivaut à trois — molécules d'un même acide — acide carbonique — conjuguées en une seule.

L'acide phosphorique, au contraire, équivaut à trois acides différents, ainsi que le démontre l'inégalité des chaleurs de neutralisation des divers atomes d'hydrogène par un même métal et que le faisait d'ailleurs prévoir les modes divers de production des différents phosphates, inégalement saturés, mono, bi et trimétalliques

H_3PhO_4	+ NaOH	=	+ 14, 68	calories.
»	+ 2NaOH	=	26, 33	»
»	+ 3NaOH	=	33, 59	»

La substitution du sodium à l'hydrogène basique dégage successivement 14, 68, 11, 65 et 7, 26 calories. Par deux de ses hydroxyles, l'acide orthophosphorique est franchement acide, quoique encore inégalement, à la manière des acides azotique et chlorhydrique par l'un, à la manière de l'acide carbonique par l'autre; par le troisième de ses hydroxyles, il est assimilable aux alcools et aux phénols.

L'action de la chaleur sur l'acide phosphorique n'est donc au fond que l'action de la chaleur sur un acide-alcool et doit déterminer des phénomènes analogues à ceux que l'on constate dans l'acide lactique, par exemple; remarquons même que ces phénomènes doivent être plus compliqués, par la raison que sur la molécule-acide phosphorique $PhO(OH)_3$, agissant en qualité

d'alcool, la molécule voisine d'acide phosphorique, agissant en qualité d'acide, peut fonctionner par l'un ou l'autre de ses hydroxyles acides et inégalement acides. La production de l'acide pyrophosphorique

$$H_4Ph_2O_7 \qquad PhO \begin{cases} OH \\ OH \end{cases} - O - \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix} > PhO$$

me paraît complètement assimilable à celle de l'acide *phosphoglycérique*

$$C_3H_5 \begin{cases} OH \\ OH \end{cases} - O - \begin{matrix} HO \\ HO \end{matrix} > PhO$$

Mais on entrevoit de suite la possibilité de deux isomères différents. En outre, les trois hydroxyles (OH) de l'acide phosphorique, ayant une valeur d'action chimique différente, quant à l'énergie basique, il en résulte que les produits de l'*éthérification phosphorique*, de la déshydratation partielle de H_3PhO_4, doivent être très nombreux et très compliqués; nous ne connaissons donc aujourd'hui l'action de la chaleur sur cet acide que d'une manière très-superficielle.

Peut-on rattacher à une même cause, c'est-à-dire à une différence dans la nature et la valeur de leurs divers hydroxyles (OH), la condensation des poly-hydroxydes métalliques, sous l'action du calorique? Il parait naturel et logique de le faire; mais il est difficile de trouver les raisons qui y autorisent.

Le phosphoryle (PhO) étant un radical multiple, formé d'atômes hétérogènes, on s'explique, à la rigueur, que les trois groupements hydroxyles (OH) qu'il tient rassemblés autour de lui, inégalement placés vis-à-vis de ses éléments, peuvent être de valeur diverse; mais pour admettre que les divers hydroxyles fixés sur un même atôme polyvalent, de silicium, d'étain, de plomb, de fer, etc., n'ont pas la même valeur, il faudrait admettre que les atômes polyvalents ne sont pas identiques dans tous leurs points, ou tout au moins, que les diverses unités d'action chimique dont on les gratifie ne sont pas équivalentes et sont au contraire d'inégale énergie. Nous serions amené à aborder ici un des problèmes des plus

élevés de la métaphysique chimique; je m'en abstiendrai pour le moment. Concluons, en terminant, que si la condensation que subissent certains hydroxydes sous l'action de la chaleur, est explicable dans certains cas, elle reste sans explication plausible dans d'autres beaucoup plus nombreux, et notamment en ce qui concerne les hydroxydes à radicaux simples.

SUR L'OXYDE DE MÉTHYLÈNE CH_2-O.

Il n'est pas de composé plus intéressant à étudier, au point de vue de la polymérisation des oxydes métalliques, que l'*aldéhyde méthylique*, autrement dite *oxyde de méthylène*.

Entre les réactions qui lui donnent naissance à l'aide de ses éthers, et celles qui permettent d'obtenir certains oxydes à l'aide de leurs sels, il y a un parallèle parfait à établir.

De la même manière que sous l'action de l'eau, les éthers de l'acide arsénieux, préparés par M. Craffts, fournissent l'anhydride arsénieux, de même les divers éthers méthyléniques, le diacétate, le chloro-acétate, les deux dérivés méthyliques signalés récemment $Cl-CH_2-(OCH_3)$ et $(C_2H_3O_2)\,O-CH_2-OCH_3$, sous l'action de l'eau, fournissent de l'oxyde de méthylène, c'est-à-dire son polymère solide.

Ces réactions peuvent encore être comparées à celles qui donnent certains oxydes métalliques, tels que Sb_2O_3, Bi_2O_3, HgO, etc., par la décomposition de quelques sels de ces métaux sous l'action de l'eau en grande masse, seule ou alcalinisée.

Le méthylène CH_2 se comporte en tous points à la façon d'un véritable métal, et son oxyde est complètement assimilable à un oxyde métallique, à cette différence près que, chauffé, il se dépolymérise totalement en se volatilisant, tandis que certains oxydes, tels que $(As_2O_3)_n$ ne se dépolymérisent qu'imparfaitement, et d'autres, tels que HgO, Bi_2O_3, etc., sont fixes.

Je me propose de revenir dans un travail spécial sur les oxydes et les chlorures des radicaux bicarbonés $\overset{VI}{C_2}$, $\overset{IV}{C_2H_2}$ et $\overset{II}{C_2H_4}$.

LA
PESTE D'ASTRAKHAN

CONFÉRENCE

FAITE A L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 23 AVRIL 1879

PAR

M. le docteur LEFEBVRE,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN.

La peste a recommencé à faire parler d'elle. Elle passait presque à l'état légendaire; le public ne s'en occupait plus et les médecins se mettaient à espérer que l'Europe était définitivement à l'abri des invasions de la maladie noire. L'histoire des grandes épidémies autorisait d'ailleurs cette confiance : la lèpre, autrefois si répandue sur notre continent qu'on y rencontre encore à chaque pas d'anciennes léproseries, en a disparu depuis plus de deux siècles et demi (1).

Il est permis d'espérer que cette disparition est définitive, puisque depuis cette époque la lèpre n'est plus parvenue à reprendre possession du sol européen, bien qu'elle règne encore

(1) En 1626, les médecins David et Laigneaux furent chargés par le gouvernement de visiter toutes les léproseries de la France pour reconnaître si elles renfermaient encore de véritables lépreux. Ils y trouvèrent çà et là quelques fainéants cultivant avec soin sur leur peau des plaies factices pour pouvoir vivre, sous prétexte de lèpre, dans le far-niente aux dépens de la charité publique, mais ils n'y rencontrèrent plus un seul cas de lèpre vraie.

à l'état endémique sur de vastes régions de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique, avec lesquelles les communications deviennent de plus en plus fréquentes et rapides, et que depuis longtemps on ne prenne plus aucune mesure contre son importation.

En considérant que les progrès de l'hygiène ont refoulé la lèpre au delà de nos frontières, il n'était peut-être pas indiscret d'espérer qu'ils nous préserveraient désormais des invasions d'un fléau beaucoup plus redoutable, la peste. En consultant l'histoire des grandes épidémies pestilentielles dans les siècles antérieurs, on pouvait se confirmer de plus en plus dans cette espérance. Il est permis de dire que la peste n'a plus régné dans l'Europe occidentale depuis un siècle et demi : la dernière épidémie est, en effet, celle de Marseille qui a éclaté dans cette ville en 1720.

Dans la partie orientale de notre continent, la peste de Moscou, en 1770, fut une des dernières explosions de cette maladie.

Il est vrai que la peste a fait quelques apparitions en Europe pendant le XIXe siècle ; c'est ainsi qu'on a observé une épidémie à Malte, en 1812; une autre à Noja, petite ville des États napolitains, en 1815 ; mais comme ces épidémies se sont localisées, on ne s'effrayait plus de ces éclairs lointains qui n'amenaient jamais de grands orages.

Nous vivions donc dans cette heureuse sécurité, lorsque tout à coup, au début de cette année, la rumeur se répand que la peste a franchi les frontières de l'Europe, qu'elle s'est implantée dans la province d'Astrakhan et que, partant de là, elle chemine vers le centre de la Russie, sur les deux rives du Volga, n'attendant, sans doute, qu'une occasion pour gagner le littoral de la mer Noire et s'embarquer sur les rivages de la Méditerranée.

Cette rumeur est-elle fondée?

La maladie d'Astrakhan est-elle la vraie peste, la peste bubonique, et, dans l'affirmative, est-elle en marche vers l'Europe centrale?

Ce sont les deux premières questions que nous rencontrons dans cette étude, et je vous demande la permission de m'y arrêter un moment.

Au mois de novembre 1878, une épidémie suspecte éclatait à Vetlianka, bourgade assez misérable, située sur la rive droite du Volga, à 300 kilomètres en amont d'Astrakhan, et peuplée de dix-huit cents cosaques qui se livrent à la pêche dans ce fleuve poissonneux. Quelle était cette maladie? Les premiers médecins envoyés de Sarratow et d'Astrakhan ont hésité avant de lui apposer sa véritable étiquette. Ils ont déclaré dans leur premier rapport qu'il s'agissait d'un typhus exanthématique (1). Toutefois, l'un d'eux, le docteur Döpner, médecin en chef des cosaques d'Astrakhan, fait déjà des réticences alarmantes : « Je conclus, dit-il, à caractériser cette épidémie, soit comme un typhus du genre le plus aigu, soit comme une peste particulière (*pestis indica* de Hirsch), ou comme une maladie nouvelle intermédiaire entre le typhus et la peste. »

Si les hommes de l'art ont pu hésiter avant de poser un diagnostic si redoutable, il était bien permis au gouvernement d'un vaste empire d'hésiter à son tour avant de déclarer à l'Europe qu'il est envahi par le fléau le plus meurtrier que l'espèce humaine connaisse, par une maladie qui tue souvent la moitié des habitants d'une contrée où elle pénètre, qui s'étend comme un incendie dans un champ de chaume sec, qui paralyse le commerce, annule l'industrie, suspend les relations générales.

Oui, ces hésitations sont naturelles, mais il importe pourtant d'y mettre un terme et de décider franchement cette question fondamentale. Or, cela n'est pas difficile pour nous qui jugeons l'affaire de sang-froid, parce que nous la jugeons de loin, et qui possédons d'ailleurs des documents suffisants pour la juger en connaissance de cause.

Pour vous convaincre qu'il s'agit bien, dans l'espèce, de la vraie peste, de la peste bubonique, il me suffira de mettre en regard la description que les médecins russes nous donnent de l'épidémie d'Astrakhan, et le tableau classique de la peste orientale, tel que l'ont tracé les médecins qui l'ont observée de près, depuis Ingrassias et Diemerbroeck, jusqu'à Desgenettes et Larrey.

---

(1) *Journal officiel de Saint-Pétersbourg*, 21 janvier 1879.

Or, voici les symptômes observés chez les malades de Vetlianka par les docteurs Krasawski et Döpner : frissons peu prolongés, précédant une chaleur ardente; douleurs d'estomac, vomissements, prostration extrême, maux de tête violents, délire, stupeur, oppression, crachement d'un sang clair, urine souvent rougeâtre, peu abondante, fréquemment supprimée; pétéchies, engorgement des ganglions lympathiques ou bubons, tumeurs charbonneuses; mort dans un délai variant de douze heures à trois jours.

Dans son foyer primitif, à Vetlianka et à Prischiba, 85 p. °/₀ des personnes atteintes de la maladie ont succombé, et 40 p. °/₀ des habitants sont morts.

Mettons en présence de ce tableau la caractéristique de la peste orientale; je l'emprunte à une autorité indiscutable, Griessinger (1) : au début, fatigue extrême, nausées, vomissements, frissons passagers, puis chaleur brûlante; céphalée intense, obnubilation; urines très fréquemment sanguinolentes, rares ou tout à fait supprimées ; développement de bubons dans l'aine, l'aisselle, au cou, vers l'angle de la mâchoire; plus rarement charbon; mort, suivant l'acuité du cas, au bout de douze heures à trois ou quatre jours. Au début la mortalité est de 70 à 90 p. °/₀, rarement moins de 60 p. °/₀.

Ne semble-t-il pas que ces tableaux ont été calqués l'un sur l'autre? Non, il n'y a plus de doute permis, à moins que des doutes intéressés: l'épidémie de Vetlianka est bien une épidémie de peste vraie. Au demeurant, le fait a été proclamé récemment, dans la capitale même de l'empire russe, par une des plus hautes autorités du pays, Botkine : dans un comité convoqué le 25 janvier dernier pour discuter la nature de l'épidémie, le savant professeur a déclaré, sans ambages, qu'il s'agit indiscutablement de la vraie peste.

Il n'est peut-être pas sans intérêt de rechercher quelle est l'origine de l'épidémie de Vetlianka. Elle me semble assez facile à découvrir. Il est établi que la peste régnait en 1877 sur les

(1) *Traité des maladies infectieuses.*

bords persans de la mer Caspienne, à Recht. Recht, ville composée d'environ trois mille maisons, est un des principaux entrepôts des marchandises qui s'échangent entre la Perse et la province russe d'Astrakhan. Or, le docteur Dôpner affirme que dès le mois de mai 1877, il avait déjà constaté parmi les cosaques de la province et même parmi les habitants de la ville d'Astrakhan, plus de cinquante cas d'une maladie caractérisée par l'oppression des forces, la fièvre, l'engorgement des ganglions inguinaux et axillaires, symptômes ressemblant si étrangement aux symptômes de la peste que le docteur Dôpner lui-même a été amené à considérer ces cas comme les prémices de l'épidémie de Vetlianka.

Il est donc infiniment probable que la peste de Vetlianka est une importation de la peste de Recht.

Quelle est l'étendue du territoire envahi par la peste ?

Remarquons d'abord que la maladie peut envahir un pays de deux manières : tantôt elle s'y montre à l'état épidémique, c'est-à-dire par des cas nombreux et répétés ; tantôt elle y apparait par des cas isolés qui, d'ailleurs, ne manquent guère de devenir le centre d'irradiations plus étendues : c'est l'histoire d'un pays envahi par une armée ou seulement par quelques éclaireurs qui précèdent le gros des troupes.

Il est fort difficile de préciser les limites actuelles de l'épidémie proprement dite et de ses irradiations. Cette difficulté tient, d'une part, à ce que les renseignements officiels sont, ou bien insuffisants, ou bien entachés d'un optimisme qui leur enlève une grande partie de leur valeur ([1]); d'autre part, à ce que les renseignements privés sont souvent empreints d'une exagération manifeste.

A priori, il est permis de croire que pendant longtemps on n'a pas soupçonné le véritable caractère de la maladie, et que l'absence de toute mesure préservatrice lui a donné le temps de prendre de l'extension. Nous venons de le dire : dès le mois de

---

([1]) Voici un fait qui peut donner une idée de cet optimisme. Au moment où des rapports officiels déclaraient trois cents cas de morts dans la Stonitza de Vetlianka, deux rédacteurs, qu'un grand journal de Saint-Pétersbourg, le *Golos*, avait envoyés sur les lieux, constataient qu'il y avait déjà deux mille morts.

mai 1877, le docteur Dôpner avait observé, au Mont-Cosaque et même dans la ville d'Astrakhan, sur cinquante à soixante individus, une maladie fébrile, avec bubons, qui, selon toute apparence, constituait les débuts de la peste. Or, le gouverneur d'Astrakhan n'a été informé de l'existence de l'épidémie qu'au moment où elle avait déjà fait cent cinquante victimes dans la Stonitza de Vetlianka, et il n'a pu prendre des mesures qu'à dater de ce moment : c'était au commencement de janvier 1879. La peste a donc eu le temps de s'infiltrer de proche en proche dans les régions ambiantes. Mais le fléau n'étant pas circonscrit dans cette province par un cordon sanitaire, il ne pouvait manquer de faire des échappées. Si l'on considère qu'Astrakhan est un centre de commerce fort considérable, et qu'il est en communication avec le centre de la Russie par une voie navigable, le Volga, on ne peut être surpris que la maladie se soit répandue au loin sur les deux rives de ce grand fleuve. S'il fallait en croire les correspondances des journaux politiques, la peste aurait déjà remonté sur les deux rives du Volga à une distance de cent cinquante lieues d'Astrakhan, dans la direction de Moscou. Mais, pour éviter toute exagération, acceptons les renseignements officiels. La maladie serait arrivée seulement dans les environs de Tzaritzin, ville forte située sur les environs du Volga, à presque quatre-vingt-dix lieues d'Astrakhan.

Telle serait donc, au minimum, la circonscription des régions que la peste occupe ou du moins qu'elle a occupées, s'il est vrai qu'elle en a disparu : une partie de la province d'Astrakhan dont il nous est impossible de connaître l'étendue, et sur les deux rives du Volga, deux larges bandes de près de cent lieues de longueur. Mais il n'est guère douteux que des cas isolés n'aient apparu dans des points plus éloignés ; ainsi il est très probable qu'il y a eu quelques attaques de la maladie à Vissokoié, près de Moscou. N'a-t-on pas même vu les prémices de la peste à Saint-Pétersbourg ? C'est une question qu'il est impossible de résoudre à distance d'une manière positive : le Journal officiel de la capitale russe, dans un supplément du 26 février dernier, renfermait cette communication inquiétante :

« Hier matin, s'est présenté, dans la section de thérapeutique de la clinique Mikhaïlof, section dirigée par le professeur Botkine, le paysan Prokofyef, atteint légèrement d'une maladie qui a été observée en 1877 à Astrakhan par le professeur Döpner.

» Le patient est tombé brusquement malade. Dès le lendemain, il s'est formé sous l'aisselle une tumeur qui a crevé le 22 février. Le 24, sous l'aisselle droite, il s'est formé une nouvelle tumeur. Le 25, une fièvre assez intense s'est manifestée.

» La peau brûlante s'est couverte de boutons.

» Le professeur Botkine considère cette affection comme un cas atténué de la maladie qui sévit dans le gouvernement d'Astrakhan. La section thérapeutique où se trouve le malade a été rigoureusement isolée. Un médecin, deux étudiants et deux infirmiers recueillent les observations. Les effets du malade ont tous été brûlés. Quarante-huit personnes avec lesquelles Prokofyef a habité ont été conduites dans un local spécial hors de la capitale. Les effets de ces personnes doivent être désinfectés ou même brûlés.

» Le local en question restera isolé quarante-deux jours. »

Des dissidences ont éclaté entre les médecins qui ont observé le cas; la plupart ont déclaré qu'il s'agissait de bubons *syphilitiques!* Mais je crois être sûr que le professeur Botkine, la principale autorité dans la question, a maintenu son diagnostic : c'est un cas de peste. Quoi qu'il en soit, il faut reconnaître que, depuis un mois et demi, il ne nous est arrivé que des nouvelles rassurantes par les journaux politiques de la capitale russe, et que cet optimisme n'est pas démenti, à ma connaissance, par des communications médicales.

En résumé, la peste d'Astrakhan n'est pas un mythe; elle a régné dans cette province, elle a projeté vers l'Europe des irradiations déjà fort étendues, et rien n'autorise à croire qu'elle soit éteinte sur les rives du Volga.

Continuera-t-elle sa marche envahissante vers l'Europe, et notre pays en particulier, est-il exposé aux atteintes de l'épidémie?

On comprend qu'il est impossible de répondre à cette question par une affirmation nette ou une négation absolue; c'est un

calcul de probabilités, où il faut faire intervenir des quantités positives et des quantités négatives, ou, en d'autres termes, peser les raisons pour et contre cette hypothèse.

Une première considération rassurante, c'est que les dernières épidémies de peste qui se sont montrées sur divers points du globe, sont restées circonscrites et se sont éteintes sur place. Ainsi en est-il arrivé : de la peste de Mokin, sur les confins de l'Arménie, en 1862; de celle de Bagdad, en 1867; de celle du Kurdistan Persan, en 1870; de celle de Mésopotamie, en 1872 et les années suivantes; de celle de Benghasi, en 1874.

Une seconde considération à invoquer en faveur de notre sécurité, c'est que le foyer primitif de la maladie, l'Astrakhan, est fort éloigné de nous : 800 lieues nous en séparent; mais, la peste, comme les morts de la ballade allemande, voyage vite. Nous venons de dire qu'elle est aux portes de Tzaritzin. Cette ville est reliée à Moscou et au centre de la Russie par un chemin de fer. Une autre ligne la met en communication avec Taganrog, c'est-à-dire avec la mer d'Azof et la mer Noire. Une fois arrivée à la mer Noire, si elle n'est pas arrêtée par les mesures quarantenaires les plus sévères, la peste s'embarque sur la Méditerranée et se répand sur tous ses rivages.

Il faut bien remarquer que les grandes maladies contagieuses, comme le choléra et la peste, se transmettent bien plus facilement à longue distance par voie de mer que par voie de terre. Voilà un navire muni d'une patente nette; tous ses passagers paraissent jouir de la meilleure santé, mais l'un d'eux est dans la période d'incubation de la maladie; elle éclate pendant la traversée; le navire infecté apporte dans ses flancs la maladie pestilentielle et la dépose dans tous les ports qu'il touche. L'histoire des grandes épidémies de peste et de choléra est pleine de faits de ce genre. Je me borne à en rapporter un seul. Le 29 mars 1813, le navire *San Niccolo*, parti d'Alexandrie d'Égypte, arrive à Malte. Le capitaine déclare qu'il a perdu, pendant la traversée, deux de ses hommes morts d'une fièvre avec bubons. On met le navire en quarantaine, mais l'équipage, qui paraissait en très bonne santé, est autorisé à prendre terre. Le 1er avril, c'est-à-dire

trois jours après, le capitaine succombe en trente-six heures à une attaque de peste. Le lendemain, son domestique meurt de la même maladie, qui se répand bientôt dans la capitale et dans l'île et y exerce de grands ravages.

Enfin, un dernier élément de sécurité réside dans les mesures que le gouvernement russe a prises pour étouffer le foyer de la maladie et dans celles que les pays limitrophes ont adoptées pour l'empêcher de franchir leurs frontières.

Un cordon sanitaire a été établi autour de la contrée primitivement envahie. Il est vrai que cette mesure n'a pu avoir que des résultats médiocres. D'abord, comme nous l'avons déjà dit, elle a été prise beaucoup trop tard; en second lieu, le cercle infecté s'est considérablement élargi; il faudrait une armée pour le cerner et, s'il faut en croire une correspondance de Saint-Pétersbourg, il n'y aurait guère sur les lieux que 500 cosaques et trois détachements de 80 hommes chacun, soit 740 hommes en tout. Depuis, des précautions plus complètes ont été prises. Une commission sanitaire, réunie à Saint-Pétersbourg au mois de janvier sous la présidence de M. Botkine, a fait adopter les résolutions suivantes :

1° Autoriser le ministre de l'intérieur à faire détruire par le feu le village de Vetlianka et à faire transporter les habitants ailleurs, tout en ne les laissant pas sortir du cercle de la quarantaine;

2° Autoriser le ministre à appliquer au besoin cette même mesure à toute autre localité;

3° Mettre à la disposition de l'autorité civile le nombre de troupes nécessaires pour assurer le service de la quarantaine;

4° Mettre sur le compte du budget de l'État toutes les dépenses nécessaires à l'exécution des mesures contre l'épidémie.

L'empereur a sanctionné toutes ces résolutions, qui ont dû être mises immédiatement à exécution sous la surveillance du général Loris-Mélikoff, envoyé à Astrakhan avec les pouvoirs les plus étendus.

D'autre part, tous les États, dont les territoires nous séparent encore du foyer de l'épidémie, ont pris contre ses envahisse-

ments des mesures qui nous garantiront aussi sûrement et plus sûrement qu'eux-mêmes. Dans une conférence sanitaire tenue à Vienne, le 24 janvier, sous la présidence du prince Auersperg, et où se trouvaient réunis, avec d'autres délégués du gouvernement allemand et du gouvernement austro-hongrois, les professeurs Hirsch et Finkelnburg, de Berlin, le professeur Drasche, les docteurs Schneker et Oser, de Vienne, et le docteur Fodor, de Pesth, les résolutions les plus précises et les plus énergiques ont été adoptées. Je me borne à résumer les principales.

Les gouvernements autrichien et allemand enverront dans les contrées où règne l'épidémie des médecins chargés d'observer le cours de la maladie et de faire régulièrement à leurs gouvernements des rapports, que l'Autriche et l'Allemagne se communiqueront réciproquement. On invitera la Russie à prêter à ces médecins un appui officiel.

L'interdiction de l'entrée d'une foule d'objets spécifiés dans une mesure déjà prise par l'Autriche-Hongrie, en 1878, à l'égard de la Russie, sera maintenue; elle sera également prononcée par l'Allemagne. Elle pourra être étendue à d'autres objets.

Les voyageurs venant de la Russie n'entreront en Autriche et en Allemagne, que si leurs passe-ports certifient que, dans le délai de vingt jours avant la remise du certificat, ils n'ont pas séjourné dans un gouvernement suspect, et s'il n'y a pas de doute relativement à leur séjour depuis la remise du certificat.

Les effets des personnes venant de gouvernements suspects seront désinfectés au moyen de l'acide sulfureux.

Si l'épidémie s'étendait, les relations avec la Russie, quant aux personnes et aux colis, ne pourraient avoir lieu que par certaines stations principales.

Les wagons de voyageurs qui toucheront à des stations frontières russes seront désinfectés après chaque voyage. La désinfection des urinoirs et des cabinets, dans les stations et dans les wagons, sera surveillée rigoureusement.

En cas où le danger serait imminent, les gouvernements autrichien et allemand fermeraient la frontière en y établissant des quarantaines.

Les considérations que nous venons d'exposer sont rassurantes; elles nous permettent d'espérer que l'épidémie n'arrivera pas jusqu'à nous; le silence qui se fait depuis quelque temps sur la maladie ne peut que confirmer cette espérance.

Dans cette situation, j'avais cru qu'il serait indiscret de réclamer votre temps et votre attention pour débattre devant vous une question qui semble avoir perdu son opportunité. Votre commission n'a pas partagé mon avis.

J'ai trop le respect de l'autorité pour ne pas m'incliner devant sa décision. Au demeurant, la question n'a peut-être pas perdu toute son actualité : nous n'avons que l'espérance d'échapper à la peste, nous n'en avons pas la certitude. Aussi longtemps qu'il reste quelque foyer de la maladie en Europe, nous sommes exposés, d'un jour à l'autre, à la voir éclater, à Berlin, ou à Marseille, c'est-à-dire à nos portes. La peste, en effet, est une maladie essentiellement contagieuse et par conséquent envahissante; elle se transporte avec une effrayante facilité par les hommes et par les choses, et aujourd'hui, grâce à la vapeur, les hommes et les choses voyagent avec une prodigieuse rapidité. On pourrait comparer l'Europe à un vaste échiquier où les pions courent, se croisent et se heurtent dans un pêle-mêle vertigineux.

Et qu'on n'objecte pas que désormais l'entente des gouvernements européens, la vigilance des autorités de chaque pays, les progrès de l'hygiène, suffiront à nous défendre contre l'envahissement de ces fléaux exotiques. Sans méconnaître la valeur de ces éléments de préservation, on peut affirmer qu'ils sont souvent impuissants pour arrêter la marche des torrents épidémiques. Bornons-nous à rappeler un souvenir récent : le choléra, dans son mode de diffusion, présente la plus grande analogie avec la peste. Eh bien, malgré les mesures quarantenaires, malgré les secours de l'hygiène publique et privée, ce fléau, inconnu en Europe jusqu'en 1829, l'a envahi cinq fois depuis cette époque et a promené ses ravages dans toute l'étendue de ce continent.

La peste peut donc nous arriver encore, et quoique cette éventualité devienne, grâce au ciel, de moins en moins probable, il n'est pas absolument déraisonnable de s'en préoccuper. Au demeu-

rant si l'épidémie d'Astrakhan devait s'arrêter aux confins de l'Europe, notre continent reste exposé à une foule de maladies infectieuses et contagieuses. Si vous me permettez d'élargir le cercle que je m'étais d'abord tracé et de faire quelques excursions sur le domaine de maladies épidémiques et endémiques considérées dans leur généralité, je pourrai peut-être vous présenter des considérations qui conserveront toujours leur opportunité.

Il est donc bien entendu que je ne parlerai pas précisément de la peste, mais à propos de la peste.

La peste appartient à cette grande famille des maladies infectieuses qu'on appelle la rougeole, la scarlatine, la variole, le typhus, les fièvres intermittentes, la fièvre jaune, le choléra.

Or, les considérations que je désire vous soumettre à propos de la peste, s'appliquent presque tout entières à tous ces grands processus morbides.

Mon intention est de vous entretenir surtout de la prophylaxie (1) de ces diverses maladies, ou, en d'autres termes, des moyens propres à nous préserver de leurs atteintes.

En définitive, c'est le but le plus élevé de la médecine. Notre véritable triomphe, ce n'est pas de soulager, ce n'est pas même de guérir, c'est de prévenir. Qu'est-ce, en effet, que guérir une maladie? C'est ramener un homme à la vie après une lutte de plusieurs jours, souvent de plusieurs semaines, quelquefois de plusieurs mois : période de souffrances pour le malade, d'angoisse pour sa famille, pendant laquelle la vie est comme suspendue. Le travail des mains, comme le travail de la pensée, est condamné à un chômage forcé. Pour beaucoup, les ressources tarissent ; pour tous, les dépenses s'accumulent. En vérité, traiter une maladie n'est qu'un pis-aller ; le médecin ne doit se résigner à guérir un malade que quand il n'a su l'empêcher de le devenir : l'idéal de l'art, c'est la prophylaxie. Cette vérité, malgré son évidence, ou peut-être à cause de son évidence même, est presque toujours perdue de vue. Le public n'y prend pas garde : il trou-

(1) De προφυλάσσειν, garantir. On sait que la prophylaxie est cette partie de la médecine qui a pour objet de préserver l'homme des maladies.

verait même le médecin impertinent ou ridicule, si celui-ci se mêlait de la santé de ses clients quand ils sont bien portants. Les gens les plus sensés ne répètent-ils pas tous les jours comme un axiome cette sentence absurde : je n'ai pas besoin de médecin puisque je ne suis pas malade ? Nos pouvoirs publics eux-mêmes n'ont pas toujours compris l'importance de la question qui nous occupe. En voulez-vous une preuve irréfragable ? En 1855, nos Chambres législatives, d'accord avec le Gouvernement, rayaient l'hygiène des matières à examen et la reléguaient dans les branches à certificat, c'est-à-dire parmi les questions qu'il faut se garder d'étudier, à peu près comme le père de famille qui retire de la bibliothèque de la maison, pour les mettre dans un cabinet obscur, les livres que ses enfants ne doivent pas lire. Or, qu'est-ce que l'hygiène, sinon la science qui enseigne aux populations comme aux individus les moyens de conserver leur santé, ou, en d'autres termes, de prévenir les maladies ?

S'il est vrai que la prophylaxie considérée dans son ensemble doit primer en importance comme en honneur le traitement curatif, cette thèse est surtout fondée quand on l'applique aux maladies contagieuses et aux maladies infectieuses. Pourquoi ? Parce que, d'une part, ce sont ces maladies qui font le plus de ravages dans le monde et parce que, d'autre part, nous possédons des ressources précieuses pour prévenir la genèse d'un grand nombre de ces affections, tandis que, une fois déclarées, nous n'avons souvent à leur opposer que des moyens curatifs absolument insuffisants.

Il m'a semblé que pour apprécier la haute importance des mesures prophylactiques à prendre contre la peste, et en général contre les maladies infectieuses, il ne serait pas inutile de jeter un coup d'œil sur la part qu'elles prennent dans la mortalité générale.

Permettez-moi, Messieurs, de reprendre la question d'un peu haut.

Comment se fait-il que la vie moyenne de l'homme soit si courte ? Si nous ne considérons en lui que l'animal, nous devons reconnaître qu'il est un des mieux partagés de la création. Son

organisation est merveilleusement achevée. Comme toutes les choses qui doivent durer, elle se forme et se consolide très lentement : il faut vingt-cinq ans, pour que l'édifice humain ait atteint ses proportions complètes et sa structure définitive. Or, ce n'est pas devant vous, Messieurs, qu'il est besoin de rappeler que la résistance des organismes vivants aux causes de destruction est d'autant plus grande qu'ils se sont formés plus lentement, en d'autres termes, que la durée de la vie est, en général, en raison directe de la durée de la croissance.

Buffon le premier a reconnu cette loi physiologique : « la durée totale de la vie, dit ce grand naturaliste, peut se mesurer en quelque façon par celle du temps de l'accroissement...

» L'homme, qui est quatorze ans à croître, peut vivre six ou sept fois autant de temps, c'est-à-dire, quatre-vingt-dix ou cent ans (1). »

Le rapport indiqué par Buffon, dit Flourens, touchait de bien près au rapport réel. Buffon dit que chaque animal vit six ou sept fois autant de temps qu'il en met à croître. Le rapport supposé était donc six ou sept ; et le rapport réel est cinq ou à fort peu près. L'homme est vingt ans à croître, et il vit cinq fois vingt ans, c'est-à-dire, cent ans (2).

Encore une fois, comment se fait-il que l'homme qui pourrait vivre un siècle, et, s'il ne peut jouir de tous ses droits, qui devrait vivre au moins soixante-quinze ou quatre-vingts ans, ne dépasse pas la moyenne de trente-cinq ans, si l'on considère l'humanité en bloc ?

C'est que l'organisme humain est en butte à une foule de causes pathogéniques qui tendent à le troubler, à l'user, à le détruire. N'avons-nous donc aucun pouvoir contre ces causes de ruine ? L'humanité est-elle condamnée à les subir sans lutte et sans espoir ?

Pour peu qu'on médite cette grave question, on ne tarde pas à reconnaître que les causes de maladies, et par conséquent les

---

(1) *Histoire naturelle*, t. II, p. 74.
(2) *De la longévité humaine*, p. 86.

causes de mort, peuvent se classer en quelques groupes d'une importance fort différente.

Je néglige les accidents traumatiques, chutes, blessures, etc. Les cas de mort violente n'occupent en réalité qu'une place restreinte dans le cadre général de la mortalité : en Belgique, sur mille décès, la statistique en indique vingt produits par des accidents, ou 2 p. °/₀. Le plus souvent la mort est due à des causes pathogéniques ou, en d'autres termes, à des causes qui engendrent une maladie.

A leur tête, se présente une cause qu'on peut appeler fatale, c'est l'usure. Le fonctionnement, même le plus régulier de nos organes, les use à la longue; vivre, c'est s'user, la mort est la conséquence nécessaire de la vie.

Dans un second groupe, se rangent les causes de détérioration que l'enfant puise dans le sein de sa mère. Les maladies qu'elles provoquent sont donc des maladies héréditaires. J'ai eu l'honneur, Messieurs, de vous entretenir de l'importance de ce groupe pathogénique, de la puissance que nous avons de réduire, dans une forte proportion, l'influence de cet ordre de causes et par conséquent d'amoindrir considérablement les ravages des maladies héréditaires (1).

Le milieu dans lequel nous vivons constitue une autre source de maladies souvent inéluctables. Ainsi, il est impossible d'échapper complètement à l'action pathogénique de l'atmosphère et de ses vicissitudes; dans nos climats, qu'on appelle, par euphémisme, des climats tempérés, nous ne pouvons supprimer le froid et l'humidité, et par conséquent nous ne pouvons supprimer ni les catarrhes des muqueuses, comme la bronchite, ni les inflammations des séreuses, comme la pleurésie, ni les hyperémies des organes parenchymateux, comme la pneumonie, ni la diathèse rhumatismale qui affecte le tiers, la moitié peut-être, des habitants de la Belgique.

Nos passions, nos vices, nos excès constituent un autre groupe

---

(1) *Revue des questions scientifiques*, livraison de janvier 1878.

de causes morbifiques puissantes. Je me borne à signaler parmi ces causes, deux vices qu'on peut appeler, dans la langue médicale comme dans la langue théologique, des vices capitaux, l'intempérance et l'incontinence. Si pendant dix générations les hommes avaient le courage de vivre sobrement et chastement, la durée moyenne de la vie humaine, qui est aujourd'hui de trente-six ans, serait sans doute portée à quarante-six, peut-être à cinquante.

Enfin, il est un dernier groupe d'agents morbifiques connus dans la science sous le nom de principes infectieux ou miasmes. Ce sont de véritables poisons, qui produisent dans l'économie des maladies toujours graves et souvent mortelles. On désigne l'ensemble des maladies qui ont leur source dans un principe infectieux ou miasme sous la dénomination toute moderne de maladies zymotiques.

Nous avons déjà dit qu'elles constituent une famille pathologique nombreuse et importante. Nous avons cité, parmi ses principales branches, les fièvres éruptives, les maladies paludéennes, le typhus, la fièvre jaune, le choléra et la peste. Ces affections restent rarement à l'état de cas isolés. On peut dire, en thèse générale, que ce ne sont pas des maladies d'individus, mais des maladies de peuples, ou pour reprendre le langage médical, des maladies épidémiques ou endémiques (1). En quelques semaines, en quelques mois, elles frappent des centaines,

---

(1) Un mot de commentaire pour les personnes étrangères à la médecine. Au point de vue de leur diffusion, les maladies se divisent en maladies *sporadiques* [1] et maladies *pandémiques* [2] ou *populaires*, suivant qu'elles attaquent un seul individu ou quelques individus isolément, ou bien qu'elles atteignent en même temps un grand nombre de sujets habitant le même lieu.

Les maladies pandémiques se partagent à leur tour en deux groupes : les maladies *épidémiques* ou *épidémies* [3] et les maladies *endémiques* ou *endémies* [4].

Les maladies *endémiques* sont celles qui attaquent à la fois un grand nombre de sujets

---

[1] Σπείρω, je sème çà et là.
[2] Πᾶς, tout, δῆμος, peuple.
[3] Ἐπί, sur, δῆμος.
[4] Ἐν, dans, δῆμος.

des milliers, parfois des millions d'hommes. Si l'on parvenait à supprimer ces grands processus morbides, la moyenne de la vie humaine s'éleverait dans une proportion difficile à préciser, mais certainement très considérable. C'est un calcul dans lequel je ne veux pas m'aventurer. Je vais eependant vous fournir quelques chiffres qui vous feront soupçonner quelle merveilleuse épargne d'existences humaines on réaliserait, si l'on parvenait à soustraire l'humanité aux attcintes des maladies zymotiques. Je serai bref, bien que la matière soit inépuisable; je me bornerai à indiquer la léthalité des principales maladies de cet ordre.

Parmi les fièvres éruptives, je cite de préférence la variole, parce qu'elle nous fournit à la fois un exemple des ravages que peut exercer une seule maladie, et le témoignage de la puissance de l'homme pour y mettre un terme, puisque désormais on n'a plus la variole que quand on veut bien l'avoir.

De toutes les maladies connues, il n'en est pas qui ait exercé pendant dix ou douze siècles plus de ravages dans le monde que la variole. Souvent une seule épidémie enlevait dans une population donnée plus de la moitié des enfants. Pour ne citer que quelques exemples, au rapport de Hougston, une seule épidémie fit périr à Londres plus de six mille enfants, et à Paris, en 1720, la maladie enleva vingt mille individus. Il faut bien remarquer que le fléau ne s'arrêtait guère que pendant de courtes périodes, c'est-à-dire, pendant le temps nécessaire à la naissance d'une nouvelle génération. La Condamine estime qu'il périssait en France plus de trois millions d'individus chaque siècle sous les coups de la petite vérole.

La découverte de Jenner est venue mettre un terme à ces affreuses hécatombes (1).

---

d'une même localité, et sont inhérentes à cette localité où elles règnent habituellement ou périodiquement; telles sont les fièvres des marais.

Les maladies *épidémiques* frappent aussi à la fois une partie plus ou moins considérable de la population, mais elles dépendent d'une cause accidentelle, passagère, et elles sont transitoires comme elle; telle est la peste.

(1) C'est en 1798 qu'Edwards Jenner a consigné l'immortelle découverte qui lui a été contestée, mais dont l'histoire impartiale doit lui réserver l'honneur, dans l'ouvrage intitulé : *Inquiry into the causes and effects of the variolæ vaccinæ*, in-4°, fig. Lond.

Les maladies paludéennes ont droit à une mention spéciale à cause de leur extension, de leur gravité, et j'ajoute de la puissance des mesures prophylactiques qu'on peut leur opposer.

Ces maladies sont incontestablement les affections d'origine infectieuse les plus répandues sur le globe : c'est que leur genèse dépend uniquement de deux conditions que l'on rencontre dans presque tous les pays habités du monde, l'existence de marais et une température suffisamment élevée pour que la fermentation, d'ailleurs mal connue, qui donne naissance aux miasmes paludéens, puisse s'opérer. Il est probable que cette fermentation peut commencer dès que le thermomètre marque cinq ou six degrés au-dessus de zéro. Elle devient de plus en plus active à mesure que la température s'élève davantage.

Les maladies paludéennes sont des affections graves. Elles se manifestent d'ailleurs sous deux formes principales, savoir une intoxication aiguë, bien connue sous la dénomination de fièvre paludéenne, et une intoxication chronique qu'on désigne sous le nom de cachexie palustre.

Un mot sur la léthalité des fièvres paludéennes. Grâce à la découverte des propriétés merveilleuses du quinquina, ces fièvres n'exercent plus de nos jours les mêmes ravages qu'autrefois. Cependant il ne faut pas remonter loin dans l'histoire pour retrouver la trace des hécatombes qu'elles produisaient jadis. Sylvius de Leboë décrit une épidémie de fièvre palustre qui, en 1669, dans l'espace de six mois, fit périr les deux tiers des habitants de Nimègue (1). On sait pourtant que quelques années auparavant, Sydenham avait déjà tracé les grandes règles qui doivent présider à l'administration de l'écorce du Pérou dans ces maladies.

En 1748, les miasmes paludéens de l'île de Walcheren firent disparaître presque complètement une armée anglaise qui n'avait pas eu le temps de combattre. La même catastrophe s'est renouvelée en 1794 et en 1809. De nos jours même, les fièvres intermittentes, quand elles revêtent le caractère pernicieux, comptent

---

(1) Prax. med. Append. Tract. X.

encore parmi les maladies les plus meurtrières. Ainsi Bailly a perdu à Rome, où l'on manie admirablement le quinquina, trois cent quarante et un sujets sur huit cent quatre-vingt-six. L'Istrie et la Dalmatie, dit Hirsch, sont à ce point marécageuses que certaines localités ont parfois tous leurs habitants dans les hopitaux et que la fièvre ou la cachexie produit le tiers de la mortalité des campagnes. Dans la patrie du quinquina, le Pérou, on peut affirmer, dit Tschudi, que plus de la moitié des habitants de la côte sont malades de la fièvre intermittente; en quelques localités même, il y en a les trois quarts, et plus d'un tiers de ces malades meurent de la fièvre ou de ses suites (1).

Mais la cachexie paludéenne est plus redoutable encore que les accès eux-mêmes : elle s'attaque à tous les grands appareils et au sang lui-même, le liquide vital par excellence. Qui ne connaît ces populations à la face bouffie et terreuse, au ventre engorgé, au sang pauvre, qui habitent les contrées marécageuses? Sous l'influence du poison qu'elles respirent tous les jours avec l'air, elles arrivent à une dégénérescence vraiment effroyable, qui se traduit par une mortalité excessive. Dans la plupart des pays de l'Europe, la mortalité moyenne annuelle est d'une personne sur quarante; dans les pays marécageux elle s'élève jusqu'à une sur vingt, c'est-à-dire au double. Dans les régions tropicales, où le poison paludéen acquiert une virulence plus grande, la mortalité s'accroît dans des proportions inouïes. Ainsi, d'après les relevés de Boudin, le nombre annuel des décès sur mille habitants est de trente-deux dans la Guyane et les Antilles, de quatre-vingt-dix-neuf dans la Jamaïque, et de quatre cents dans certaines régions de l'Afrique occidentale.

Le genre typhus comprend, on le sait, trois, peut-être quatre espèces distinctes (2).

La fièvre typhoïde est l'espèce la plus répandue dans notre pays. Cette maladie apparaît plus souvent que les autres mala-

---

(1) *Oster. med. Wochenschrift*, 1846.

(2) La fièvre typhoïde proprement dite ou typhus abdominal, le typhus exanthématique, la fièvre récurrente, et le typhus de la Jamaïque.

dies infectieuses à l'état sporadique : il y a peu de familles qui dans l'espace d'une génération n'ait à porter le deuil de quelque être cher enlevé par cette cruelle maladie. Mais c'est quand le typhus revêt le caractère épidémique que ses ravages deviennent vraiment formidables. Je me borne à citer quelques faits historiques. C'est en Italie que le typhus a fait, au XVIe siècle, sa première apparition sous forme épidémique. Une armée française, commandée par Lautrec, perdit vingt-deux mille hommes, et Lautrec lui-même succomba aux atteintes du mal.

On sait qu'à la mort de l'empereur Charles VI, cinq compétiteurs se disputèrent le royaume de Bohême. Le roi de France, Louis XV, appuyant les prétentions de l'électeur de Bavière, lui avait envoyé une armée auxiliaire qui s'empara de la ville de Prague. C'est alors que les Hongrois se levèrent en poussant ce cri héroïque que l'histoire a recueilli : *Moriamur pro rege nostro Maria Theresia.* Ils délogèrent de Prague les Français qui se réfugièrent à Egra. Bloqués dans cette petite ville par l'armée hongroise, ils furent bientôt en proie à un typhus épouvantable. La maladie enleva trente mille personnes, dont le plus grand nombre appartenait à la garnison.

Tout le monde sait que pendant la guerre d'Espagne, en 1808 et 1809, le typhus tua plus de monde que le fer et le feu. Depuis les Pyrénées jusqu'à Paris, la France fut infestée de cette maladie contagieuse, que, à leur retour, les troupes débandées semèrent sur leur chemin.

Lorsque les troupes anglaises s'emparèrent de Flessingue au mois d'août 1809, le typhus se déclara presque immédiatement parmi les vainqueurs. Le 22 de ce mois, d'après le récit d'Hamilton, ils comptaient déjà seize cent soixante-quatre malades ; le 27, trois mille cinq cents ; le 28, quatre mille, et le 8 septembre, dix mille quatre cent cinquante-huit. La mortalité devint si effroyable que l'armée fut obligée d'abandonner le pays le 21 septembre.

Rappelons encore parmi les typhus historiques celui qui frappa les soldats français pendant la campagne de Russie. Sur trente mille soldats entassés à Wilna, le typhus en emporta vingt-cinq mille.

Les ravages du typhus sur les troupes engagées dans la grande guerre de Crimée sont trop présents à vos souvenirs pour que je m'y arrête.

Jusqu'au commencement du second tiers du siècle dernier, la fièvre jaune n'avait attiré l'attention des médecins européens que comme une curiosité pathologique, dont une autre hémisphère semblait garder le monopole. Mais grâce aux communications faciles et rapides qui relient aujourd'hui les deux mondes, cette denrée coloniale de mauvais aloi nous est apportée dans les flancs de steamers qui versent sur nos marchés le café de la Jamaïque ou le tabac de la Virginie. Sa première apparition sur notre continent remonte à 1730 où elle se montra à Cadix. Depuis cette époque, elle apparut six fois dans cette ville maritime d'où elle s'est irradiée souvent sur les contrées limitrophes. L'épidémie la plus meurtrière fut celle de 1800 : elle enleva soixante-dix-neuf mille cinq cents habitants à Cadix même, à Séville et dans quelques localités environnantes. Une autre épidémie se déclara à Malaga en 1803 : du mois de mai au mois de décembre, sur une population de quarante-huit mille habitants, elle atteignit vingt-six mille six cents personnes et en fit périr six mille huit cent et quatre-vingt-quatre. Elle y reparut l'année suivante, frappa dix-huit mille cinq cent quatre-vingt-deux habitants et en tua sept mille sept cent vingt-six. Tout le monde connaît la fameuse peste de Barcelone de 1821. La maladie éclata le 25 juillet. Les ravages allant toujours croissant, les autorités supérieures abandonnèrent la ville vers le milieu de septembre, suivies de quatre-vingt mille personnes. Il ne resta dans les murs de cette cité que soixante-dix mille habitants. Sur ce nombre, on compta vingt-cinq mille attaques de fièvre jaune et mille huit cents cas de mort. Plus de cinquante médecins, chirurgiens et pharmaciens succombèrent dans l'exercice de leur ministère ; outre les membres du clergé des paroisses, quatre-vingt-dix-huit religieux qui se vouèrent au service des malades, périrent victimes de leur zèle.

La fièvre jaune a paru plusieurs fois à Lisbonne. En 1857, elle frappa dix-neuf mille habitants et en fit périr six mille huit cents. On sait qu'en 1861 elle a fait irruption à Saint-Nazaire.

En résumé, depuis 1730 jusqu'aujourd'hui, c'est-à-dire en moins d'un siècle et demi, la fièvre jaune a fait trente irruptions en Europe. La mortalité de la maladie, toujours considérable, a pourtant été fort variable. Dans certaines épidémies, elle n'a été que de quinze pour cent; d'autres fois elle s'est élevée jusqu'à soixante-quinze, comme à Barcelone en 1821. La maladie est plus meurtrière sous les latitudes ardentes qui avoisinent les tropiques que dans nos climats tempérés. Tout le monde connaît la lamentable histoire de l'expédition de Saint-Domingue, où le général Leclercq, débarquant en 1802 à la tête de seize mille Français, périt en quelques semaines avec dix mille soldats.

Vous avez tous présents à la mémoire ces bulletins funèbres qui nous arrivaient l'année dernière de la Nouvelle-Orléans.

Le choléra, comme vous le savez, est aussi un produit exotique de récente importation. Il y a précisément cinquante ans qu'il s'est montré pour la première fois en Europe. C'était au mois d'août 1829, dans la ville russe d'Orenbourg, où il fut introduit par une caravane asiatique. Jusque-là on ne le connaissait que de nom, mais sa réputation était terrifiante. D'après Anesley, de 1817 à 1840, c'est-à-dire en vingt-trois ans, le choléra a enlevé dans l'Inde seule près de dix-huit millions d'habitants. En 1818, le général Hasting cheminait sur les rives du Gange avec une magnifique armée de quatre-vingt-dix-huit mille hommes; en quelques semaines, quinze mille soldats furent foudroyés par le fléau asiatique. Il n'y a pas, que je sache, de bataille où un général ait laissé sur le terrain une proportion aussi considérable de morts.

En arrivant sous nos latitudes tempérées, le poison indien perd de sa violence, mais il reste pourtant fort meurtrier. Depuis 1829 jusqu'en 1866, c'est-à-dire en trente-sept ans, notre continent a subi cinq grandes épidémies cholériques.

La première, dont la marche fut très lente, toucha les côtes de la France en 1832. Signalée le 15 mars à Calais, et le 26 à Paris, elle s'étendait de proche en proche, envahit cinquante-deux départements et fit périr plus de cent vingt mille personnes. Paris seul perdit plus de dix-huit mille habitants; en un seul jour,

le 9 avril, cette capitale en vit succomber six cent soixante-huit.

Pendant la seconde épidémie, la France eut cinquante-quatre départements envahis et perdit cent dix mille habitants. En Russie, d'après un rapport officiel, la même épidémie tua, en 1848, six cent soixante-huit mille habitants.

Dans la troisième irruption, en 1853 et 1854, le fléau asiatique fit en France cent quarante-trois mille victimes.

En 1866, le choléra a enlevé à Bruxelles trois mille vingt-huit habitants. La mortalité annuelle de cette capitale étant en moyenne de cinq mille cinq cents personnes, il en résulte qu'une maladie accidentelle, étrangère à la pathologie indigène, et qui ne nous arrive jamais que par importation, a entraîné une perte de population équivalente aux trois cinquièmes du total des décès imputable à toutes les maladies réunies.

J'arrive au nécrologe de la peste.

La première épidémie de peste que l'histoire retrace avec des détails précis est celle qui ravagea le Péloponèse 430 ans avant Jésus-Christ. Nous en possédons une relation vraiment médicale, bien qu'elle n'émane pas d'un médecin : c'est l'historien Thucydide qui nous en a laissé l'émouvante description. Elle enleva le tiers de la population d'Athènes. Parmi ses plus illustres victimes, il faut citer Périclès : il périt avec presque toute sa famille. Thucydide lui-même fut atteint de la maladie, mais il eut le bonheur d'en revenir.

Tout le monde sait l'exemple d'abnégation et de dévouement que donna, à cette occasion, le père de la médecine grecque : refusant l'or et les honneurs qu'Artaxercès, roi de Perse, lui faisait offrir pour l'attirer dans ses États désolés par le même fléau, Hippocrate se consacra tout entier à ses concitoyens : ses deux fils et son gendre partagèrent ses fatigues et ses périls.

Cinq siècles plus tard, dans une circonstance analogue, le plus illustre représentant de la médecine romaine déshonora la profession en fuyant devant l'ennemi : en 166, sous Marc-Aurèle, une peste très meurtrière s'abattit sur Rome; Gallien se réfugia à Pergame, ce qui ne l'empêcha pas d'être saisi trois ans plus tard par la maladie régnante. Il n'eut pas même le bonheur d'en mourir pour laver sa honte.

Une des plus terribles et assurément la plus longue épidémie de peste qui ait ravagé le monde est celle qui, partant de l'Éthiopie en 542, gagna l'Égypte, la Syrie, puis Constantinople, où elle tua jusqu'à dix mille personnes en un jour, et finit par arriver en Europe. Elle mit cinquante-deux ans à parcourir son cycle; elle resta huit ans en France (583 à 590). Elle dépeupla Paris, au rapport de Grégoire de Tours.

La peste du XIV° siècle fut plus courte, mais meurtrière. Citons quelques chiffres. D'après Zweila, il mourut trente mille personnes dans l'île de Majorque. A Avignon, la peste noire sévit en 1348 avec une extrême violence. Guy de Chauliac nous en a laissé une histoire plus recommandable au point de vue descriptif qu'au point de vue pathogénique : le médecin de Clément VII attribua la maladie à la conjonction de Saturne, de Mars et de Jupiter.

Pour donner une idée de ses ravages, il suffira de dire que la fameuse amie de Pétrarque, Laure, périt avec neuf de ses enfants : les deux survivants suivirent leur père à Vérone.

La maladie s'abattit sur Paris en 1348 : elle enleva quatre-vingt mille personnes en quelques mois. L'héroïque Jeanne de Bourgogne, femme du roi Philippe de Valois, et sa sœur, la duchesse de Normandie, qui se prodiguèrent pendant cette terrible calamité, furent victimes de leur dévouement. En Bourgogne, beaucoup de villages furent littéralement dépeuplés et la ville de Beaune ne conserva que la vingtième partie de ses habitants.

Qui ne connaît la peste de Milan de 1629, où saint Charles Borromée, son archevêque, donna ces magniques exemples de charité que les historiens de tous les partis racontent avec une admiration respectueuse? Dans un seul lazaret où l'on recueillit neuf mille sept cent et quinze pauvres accourus des campagnes environnantes, il mourut huit mille cinq cent soixante-dix personnes. C'est dans cet asile de douleurs que le sympathique auteur des *Promessi Sposi* nous montre sous son plus touchant aspect la chaste et suave figure de la fiancée de Renzo.

Quelques années plus tard, en 1636, la peste parcourut la

Gueldre en moissonnant ses habitants. L'historien de cette épidémie, Diemerbroeck, nous la fait voir à Nimègue, passant de maison en maison, sans en épargner une. Elle y fit périr vingt mille personnes.

Nous arrivons au XVIIIe siècle. Plus rapprochées de nous, les épidémies pestilentielles sont mieux connues et je puis me borner à quelques annotations.

Et d'abord la fameuse peste de Marseille. Entrée dans cette ville le 20 du mois de mai 1720, elle emporta en quelques mois trente-neuf mille cent trente-quatre personnes sur une population de quatre-vingt-dix mille âmes. On pourrait dire que cette malheureuse ville fut abandonnée à l'ennemi par tous ceux qui avaient mission de veiller sur elle, si les médecins et le clergé, sous l'inspiration de son doux et vaillant évêque, Mgr Belsunce, n'étaient restés au poste pour lutter et au besoin pour mourir. Les médecins et les prêtres payèrent un tribut considérable à la maladie : sans compter les docteurs en médecine proprement dits, le nécrologe marseillais mentionne les noms de vingt-cinq chirurgiens qui périrent au service des pestiférés; presque tous les garçons apothicaires, qui avaient à cette époque des fonctions spéciales près des malades, succombèrent à la tâche et quatre-vingt forçats, requis pour procéder à l'enlèvement des cadavres, moururent dans l'espace de huit jours.

La petite ville de Digne, visitée à son tour par l'épidémie en 1629, fut aussi maltraitée que Marseille : sur une population de dix mille habitants, seize cent vingt-neuf seulement survécurent.

En 1643, la peste fut importée de Missolonghi à Messine par la tartane génoise *Maria della Misericordia*. Le capitaine et un matelot étaient morts de la maladie au moment de leur débarquement; elle se répandit dans la ville entière et fit périr quarante-trois mille quatre cents personnes.

Rappelons encore la peste de Moscou (1779-1781). A l'apogée de la maladie, au mois de septembre, le chiffre des morts s'éleva à mille par jour. Le recensement général porte à environ cent mille le nombre des décès à Moscou et dans ses faubourgs.

Dans les trois premiers quarts du XIXe siècle, notre continent

n'a subi que quelques atteintes passagères et circonscrites de la peste.

Au mois de décembre 1815, une petite ville du royaume de Naples, Noja, fut envahie par la maladie noire. Elle y fut introduite par des marchandises de contrebande arrivant d'une contrée infectée, la Dalmatie, et déposées dans un magasin des frères Mastri Giacomo. Elle dura six mois, y atteignit neuf cent et cinquante personnes, sur quatre mille habitants, et en tua sept cent et vingt-huit. L'épidémie, qui menaçait l'Italie entière, fut circonscrite dans cette malheureuse ville par des mesures d'isolement d'une rigueur extrême.

La partie orientale de l'Europe, qui se rapproche du foyer originel de la peste, a subi depuis quelques épidémies passagères : la Grèce en 1827-1829, les provinces danubiennes en 1827 et 1828-1829.

L'épidémie d'Astrakhan vient nous prouver qu'il n'est pas encore temps d'arrêter le bilan funèbre de la maladie noire.

En résumé, il n'est pas de maladie épidémique d'origine exotique qui ait fait plus d'irruptions en Europe que la peste. En consultant avec le plus grand soin les documents que nous possédons, l'historien des épidémies, le savant Ozanam, a recensé 141 épidémies de peste en Europe. La première dont il ait trouvé des traces historiques remonte à l'an 1060 avant Jésus-Christ. Elle a régné en Grèce. La dernière qu'il ait annotée est celle de Noja en 1815. Si l'on décompose ce chiffre, on trouve quarante épidémies avant Jésus-Christ, et 101 depuis l'ère chrétienne [1]. Il faudra désormais y ajouter la peste d'Astrakhan.

Sans doute, il serait permis de discuter la nature d'un certain nombre de ces épidémies. Je ne doute guère qu'on n'ait rangé sous la dénomination de peste un certain nombre de typhus graves, peut-être même d'affections plus divergentes encore, comme la suette. Mais, outre que cette question d'érudition serait fort difficile à élucider, si l'on voulait absolument retrancher le

---

[1] *Histoire générale et particulière des maladies épidémiques, contagieuses et épizootiques.*

tiers ou le quart de ces épidémies du bilan de la peste, il n'en serait pas moins acquis que depuis l'ère chrétienne, l'Europe a été frappée soixante-dix à soixante-quinze fois par ce redoutable fléau.

Pour se faire une idée de la quantité de vies humaines qu'il a dévorées, il ne faut pas oublier que beaucoup de ces épidémies ont parcouru l'Europe dans toute son étendue et que la plupart ont duré plusieurs années.

En voilà assez ou plutôt en voilà trop pour vous faire apprécier le rôle néfaste que jouent dans la mortalité de l'espèce humaine les maladies zymothiques. En somme, ce sont des affections d'une extrême gravité, souvent mortelles, rebelles pour la plupart à nos moyens de traitement, revêtant presque toujours le caractère épidémique et s'épandant ainsi sur le monde comme une inondation.

Eh bien ! chose consolante à proclamer, c'est précisément contre ces maladies que l'homme a le plus de puissance. Je ne parle pas de puissance curative : je viens de constater, au contraire, que ces affections sont souvent rebelles au moyen de traitement que nous mettons en œuvre pour les guérir. Je penche même à croire que, hors les moyens hygiéniques toujours utiles, la médecine est à peu près complètement désarmée en face de ces fléaux. Ainsi, lorsque je considère que dans toutes les épidémies de choléra qui ont parcouru l'Europe, la mortalité s'est fixée à un taux uniforme, environ 50 p. °/₀, malgré la diversité des moyens de traitement, je ne sais me défendre de la pensée que le traitement n'a compté pour rien dans les résultats. Notre véritable puissance contre les maladies paludéennes, la fièvre jaune, le choléra, la peste, etc., c'est la puissance préventive. Elle est telle, à mon sens, qu'il est permis d'espérer que ces fléaux disparaîtront un jour du monde, à moins que le monde ne retourne à la barbarie.

Mais n'escomptons pas l'avenir, restons dans le présent et tâchons de préciser dans quelles conditions et dans quelles mesures la puissance préventive de l'homme peut s'exercer contre ces maladies. C'est une banalité, mais une banalité qui a l'im-

portance d'un axiome, de répéter que la prophylaxie des maladies infectieuses ne peut avoir d'autre base qu'une notion aussi complète que possible, que l'étiologie de ces maladies. Or, cette question est nettement circonscrite : chacune de ces maladies reconnaît une cause unique, c'est un miasme, c'est-à-dire un agent toxique, et toute la scène morbide n'est en définitive que la manifestation de l'action de cet agent. Cette question préliminaire se réduit donc à l'étude du miasme. Or, la science, sans avoir dit son dernier mot sur ce point, nous fournit des notions précises et importantes sur ces agents pathogéniques et spécialement sur les points suivants : l'origine des miasmes, leur fécondité ou leur stérilité, leurs principaux attributs, leurs modes de transport, leurs voies d'introduction dans l'économie saine, la durée de leur incubation, les conditions ambiantes qui favorisent ou contrarient leur action sur l'économie.

Comme vous le voyez, Messieurs, c'est un sujet très vaste et je ne puis en toucher que les sommets.

Je reprends donc rapidement les différents points que je viens de signaler.

D'abord l'origine des miasmes.

La plupart des maladies zymotiques, parmi les plus meurtrières et spécialement les maladies paludéennes, la fièvre jaune, le choléra et la peste naissent du sol. Leurs miasmes générateurs s'en échappent dans certaines conditions. Nous ne connaissons pas toutes les conditions nécessaires à la genèse des miasmes, mais nous savons — et cette notion est capitale au point de vue de la prophylaxie — que trois éléments doivent se rencontrer pour que le travail de fermentation qui leur donne naissance s'établisse, savoir : des détritus organiques, de l'eau et de la chaleur.

Vous pressentez déjà, Messieurs, qu'il reste des inconnues dans le problème : les quatre maladies dont nous venons de parler, constituent des entités distinctes et doivent par conséquent reconnaître pour agent producteur un miasme distinct, spécifique pour chacune d'elles. Or, les trois conditions que nous venons d'indiquer, se rencontrent dans toutes les parties de notre globe.

Comment se fait-il pourtant que la fièvre jaune ne se développe que dans certaines régions bien circonscrites de l'Amérique, que le choléra ne naisse que sur les rivages du Gange, et que l'on ne connaisse à la peste qu'un petit nombre de foyers originels en Afrique et en Asie?

Nous l'ignorons absolument.

Nous ne connaissons pas la nature intime des miasmes, mais nous en connaissons les principaux attributs. Ainsi nous savons que les uns sont stériles et les autres féconds. Expliquons-nous. Une fois sorti du sol où il a été engendré, s'il est absorbé par l'homme, le miasme détermine dans son organisme l'évolution pathologique qu'on appelle le choléra, la peste, la fièvre intermittente ou la fièvre jaune. Mais pendant cette évolution, tantôt le miasme s'épuise, tantôt il se régénère, et dans ce dernier cas le principe morbide qui a germé dans l'organisme, transmis à un individu sain, lui donne la maladie absolument comme le miasme qui a germé dans le sol; en d'autres termes, il y a donc des miasmes stériles comme le miasme de la fièvre intermittente qui s'éteint sans postérité sur le premier sujet qui le reçoit, et des miasmes féconds qui, pendant leur évolution, se reproduisent et peuvent ainsi perpétuer indéfiniment la maladie; tels sont les miasmes du choléra, de la peste, de la fièvre jaune.

Cette reproduction constitue la contagiosité. Pour le dire en passant, il me semble permis d'affirmer que, si les miasmes de la peste, du choléra, de la fièvre jaune et de tant d'autres maladies ont la puissance de se reproduire, ce sont des êtres vivants, quel que soit d'ailleurs leur degré d'organisation : microphytes ou microzoaires [1], spores ou ovules, simples cellules ou même granulations élémentaires.

Les maladies zymotiques qui font le plus de ravages dans le monde, la fièvre jaune, la peste, le choléra sont donc des maladies à la fois miasmatiques et contagieuses. C'est précisément parce qu'elles sont contagieuses qu'elles peuvent envahir l'Europe.

---

[1] μικρὸς, petit; φυτὸν, plante; ζῶον, animal.

Nous l'avons déjà dit, ces maladies ne naissent pas spontanément sur notre continent, elles y sont toujours importées tantôt par voie de terre, tantôt par voie de mer. Une fois importées parmi nous, elles se propagent par contagion. Cette importation se fait du reste avec une grande facilité, surtout depuis que les communications entre les continents sont devenues à la fois si fréquentes et si rapides. Un navire part des rivages égyptiens en temps de peste, il aborde à Marseille et y dépose tantôt des sujets malades, tantôt des marchandises imprégnées des miasmes pestilentiels. Les premières personnes que leurs affaires mettent en rapport avec l'équipage, les passagers ou les marchandises, subissent l'imprégnation du poison qu'elles régénèrent et répandent dans leur entourage.

Par voie de terre l'importation est tout aussi simple. Voilà un voyageur qui sort d'Astrakhan, heureux d'échapper à l'épidémie régnante, mais il emporte sans le savoir le germe fatal : *hæret lateri lethalis arundo.* Il meurt en route. Mais dans l'intimité des voitures publiques, il a communiqué la maladie à un voisin qui s'en va, la semant à son tour autour de lui.

C'est ainsi que les pestiférés ou les cholériques transmettent de proche en proche le germe de la mort, rappelant l'image poétique de cet ancien qui nous montre les hommes traversant le monde en se transmettant de la main à la main le flambeau de la vie.

Nous avons dit que les principaux attributs des miasmes, et spécialement des miasmes contagieux, sont assez bien connus. Ainsi, nous savons que quelques-uns se conduisent à la manière des corps fixes : le virus syphilitique, par exemple, est attaché à la partie malade et ne peut se transmettre que par un contact immédiat. La plupart se comportent à la manière des gaz; ils se diffusent dans l'atmosphère qui devient leur principal agent de transport. Nous savons aussi que beaucoup de miasmes peuvent se dissoudre dans l'eau : il est bien prouvé aujourd'hui que le choléra, par exemple, se propage souvent des individus malades à des individus sains par l'intermédiaire de l'eau souillée de déjections cholériques et dont on fait usage comme boisson.

Mais outre l'air et l'eau, les miasmes peuvent se transporter par d'autres véhicules. Ainsi l'homme lui-même peut devenir le moyen de transport des principes infectieux. Qui doute encore aujourd'hui que l'accoucheur ne puisse transporter le germe de la fièvre puerpérale d'une maison à l'autre? Je crois donc que les praticiens devront tenir grand compte de cette chance fâcheuse, dans l'intérêt de leurs clients comme dans celui de leurs familles.

Cette considération nous amène à parler des vêtements, et en général des effets à usage du cholérique. Ils servent très souvent de véhicule au principe morbide, surtout quand ils ont été imprégnés de déjections cholériques. Dans une foule de cas où il est impossible d'invoquer aucune autre cause de l'explosion de la maladie, ce mode de transport bien démontré suffit à lui seul pour prouver l'importation et la contagion du choléra. Je crois donc devoir m'y arrêter quelques instants pour l'établir d'une manière irréfragable.

En 1855, le choléra régnait dans plusieurs villes de la Belgique, et notamment à Charleroi. La plupart des communes rurales étaient restées à l'abri du fléau, et la commune de Marbais entre autres, distante de quatre lieues de Charleroi, jouissait, comme les villages ambiants, d'un état sanitaire parfait. Une jeune fille de Marbais, en service à Charleroi, contracta la maladie régnante et y succomba au bout de vingt-quatre heures. On jeta dans un panier ses vêtements et ses linges imprégnés encore de déjections cholériques. La misère força sa pauvre mère à laver elle-même ces tristes épaves. Elle gagna la maladie avec une voisine aussi pauvre qu'elle, qui était venue l'aider dans cette besogne. Elles moururent toutes deux et la maladie se diffusa de proche en proche dans la commune. M. Simpson cite un cas tout à fait analogue. En 1832, une personne mourut du choléra à Leedts où la maladie régnait épidémiquement; quinze jours après, ses effets envoyés par le roulage sans avoir été lavés, arrivèrent dans son village natal, à Monkton. Un nommé Barnés ouvrit la caisse, et le lendemain tomba malade du choléra. Ce fut le premier cas observé dans cette localité. Il se propagea à la famille et à ses

proches. Dans ce moment, la maladie n'existait pas dans le voisinage à plus de trente milles à la ronde.

Pettenköfer rapporte à son tour un fait du même genre : à Lustheim, près de Munich, les premiers cas de choléra eurent lieu dans une famille de journaliers dont la fille, servante à Munich, avait envoyé à ses parents des effets provenant de personnes mortes de cette maladie.

Les appartements dans lesquels des cholériques ont été soignés, surtout les appartements chargés de tentures et de tapis, restent imprégnés longtemps du miasme cholérigène. Ils peuvent le transmettre aux individus sains qui viennent les habiter après les malades ou les morts.

Les navires et les voitures, qui, en définitive, ne sont que des appartements ambulants, peuvent au même titre, servir d'intermédiaires pour la propagation des miasmes.

Nous savons aussi que les miasmes sont peu stables. Abandonnés à l'action de l'air, ils se décomposent rapidement et perdent, par conséquent, leur puissance nocive. C'est une question de journées et de peu de journées, sans qu'il soit possible de préciser plus exactement la question. Il est très probable que les miasmes se détruisent avec plus de promptitude quand l'air est fortement ozonisé. Ajoutons de suite cette réserve importante : dans certaines conditions, le principe infectieux peut conserver longtemps son activité. Je me borne à citer l'observation bien connue de Lébert : un homme fut pris du choléra à Lugano après la cessation complète de la maladie dans cette ville, pour avoir fait usage d'habits provenant d'un cholérique mort deux mois auparavant dans la même maison. Du reste la science fourmille de faits analogues. Je ne connais pas d'exemple plus frappant que celui que rapporte Sydenham à propos du virus variolique — et tous les virus ont la plus grande analogie dans leur action. — Je le cite de mémoire, sans garantir l'exactitude absolue des chiffres : une douzaine de personnes assistent à l'exhumation du cadavre d'un sujet mort de la variole huit ou neuf ans auparavant; plus de la moitié des assistants sont atteints de cette maladie et la plupart y succombent.

Indépendamment de cette destruction en quelque sorte spontanée, les miasmes se décomposent au contact de divers agents. Ainsi, il ne résiste pas à l'action des corps à affinités énergiques, comme les acides minéraux et les alcalis, de certains agents modificateurs comme l'iode, l'alcool, l'acide phénique, enfin du calorique.

En nous appuyant sur ces notions étiologiques, sera-t-il possible d'établir les bases d'une prophylaxie vraiment rationnelle? Il est permis de répondre par l'affirmative.

Essayons de formuler le programme des diverses mesures préservatrices auxquelles on peut avoir recours.

Nous avons le pouvoir d'empêcher le développement du principe générateur d'un certain nombre de maladies infectieuses ou contagieuses, ou du moins sa diffusion; c'est une indication radicale : quand elle peut être remplie, la prophylaxie est toute faite. Ce résultat est bien près d'être atteint pour la peste. On peut espérer d'arriver à cet idéal pour d'autres maladies de cet ordre qui comptent parmi les plus meurtrières, comme le choléra.

Mais quoi qu'on fasse, les germes de beaucoup de maladies infectieuses ou contagieuses continueront à se produire autour de nous. Delà une seconde indication, c'est de détruire ces germes avant qu'ils aient eu le temps de produire leurs effets morbides. C'est ce que nous faisons, par exemple, quand nous désinfectons les vêtements d'un varioleux ou d'un syphilitique avant de permettre à des sujets sains de s'en revêtir.

Lorsqu'il n'est pas en notre pouvoir d'empêcher la production du facteur pathogénique, ni de le détruire quand il est formé, il est souvent possible de nous soustraire à ses atteintes, soit en le tenant éloigné de nous, soit en nous éloignant de lui. C'est ainsi qu'on parvient souvent à tenir le choléra à distance par une quarantaine bien faite; c'est ainsi qu'on se soustrait aux fièvres intermittentes en émigrant d'une contrée marécageuse. C'est la troisième indication.

Enfin, quand nous sommes obligés de vivre dans un milieu infecté de miasmes ou de contages, il nous reste la ressource de

fortifier l'économie contre leur agression, tantôt par une sorte de contre-poison, comme le vaccin pour la variole, tantôt par un ensemble de mesures hygiéniques. C'est la quatrième et dernière indication.

Telles sont les grandes lignes de la prophylaxie des maladies infectieuses et des maladies contagieuses.

Nous allons passer rapidement en revue les moyens que nous possédons pour remplir ces quatre indications.

Les mesures de la première catégorie ont pour but de supprimer le facteur qui produit les maladies infectieuses et contagieuses. Alors même qu'on n'obtient pas ce résultat radical, on ne perd jamais ses peines; si l'on ne parvient pas à tarir les sources du mal, on les réduit toujours dans une certaine proportion.

Nous avons dit que, en définitive, la vraie source des miasmes réside dans la fermentation des matières organiques abandonnées par la vie.

La fermentation exige pour se produire quatre conditions : la présence de l'eau, de l'air, d'une température supérieure à zéro et d'un ferment. Chacune de ces conditions est un élément indispensable au travail de fermentation. Or, suivant les circonstances, nous avons prise au moins sur l'un de ces éléments, et cela suffit. Ainsi chacun sait qu'en desséchant rapidement un morceau de viande de boucherie, on peut la garder indéfiniment : on ne supprime pourtant qu'un des facteurs, l'eau.

Dans la fabrication de certaines conserves alimentaires, on supprime l'accès de l'air en les gardant dans des vases hermétiquement fermés.

La chair des animaux entourée de glace ne s'altère pas. Les investigateurs des régions arctiques ont retrouvé des éléphants incrustés dans la glace de temps immémorial, et les chiens de leur traîneau ne dédaignaient pas ces conserves séculaires. C'est la chaleur qui seule dans ce cas a fait défaut à la fermentation.

Enfin, nous pouvons agir sur les ferments. S'il est vrai, comme les expériences de Pasteur paraissent l'avoir démontré, qu'en dehors de la présence d'un germe étranger — microphyte ou

microzoaire, spore ou ovule — la décomposition des matières organiques est impossible, il suffira de tuer ces germes pour empêcher la putréfaction. Or, ils ne résistent pas à l'action de certains principes chimiques ou à l'application de la chaleur. Mais, pour ne pas scinder le sujet, nous reviendrons tout à l'heure sur cette question.

En pratique, c'est par l'application de ces principes, bien qu'on ne s'en rende pas toujours compte, qu'on arrive à empêcher la propagation des miasmes. Voyons, en quelques mots, leur application contre les maladies paludéennes, contre le choléra et, enfin, contre la peste.

Les maladies paludéennes — la fièvre intermittente et la cachexie, — sont le produit direct de la décomposition des matières végétales dans certaines conditions que l'observation permet de préciser en peu de mots : un sol riche en matières végétales; de l'eau stagnante en quantité suffisante pour imprégner constamment ce sol sans le submerger, en un mot, un marais; enfin, la température nécessaire à toute fermentation.

Il est facile de se convaincre que l'homme n'a guère de prise que sur un de ces éléments, l'eau croupissante. L'indication capitale est donc de dessécher les marais. Nous ne pouvons entrer dans le détail technique des opérations qu'on pratique dans ce but; bornons-nous à quelques aperçus généraux. Quand l'inclinaison du sol le permet, on assèche le sol par un système de canalisation convenable : une plaine insalubre devient ainsi une prairie fertile ou une terre arable coupée de canaux dans lesquels l'eau coule à pleins bords.

Le drainage, qui rend aujourd'hui tant de services à l'agriculture et à l'hygiène, a une action analogue à celle des canaux à ciel ouvert.

Lorsque le bassin marécageux est disposé en cuve, de sorte que l'écoulement naturel des eaux n'est pas possible, on a recours à divers artifices. Tantôt on combine avec les canaux un système d'appareils élévatoires qui vont déverser l'eau sur un point dont le niveau est assez élevé et l'inclinaison suffisamment rapide. C'est ainsi qu'en Hollande, en 1844, il existait encore,

pour le service des dessèchements, deux mille quatre cent quarante-cinq moulins à vent jouant le rôle de machines élévatoires. Aujourd'hui on recourt de préférence à l'action puissante des machines à vapeur. D'autres fois, c'est par des puits absorbants qu'on arrive au dessèchement : on creuse dans le sol un certain nombre de puisards qui plongent dans des couches perméables profondes ; les eaux du marais s'y précipitent et s'y perdent. La France présente plusieurs spécimens intéressants de ce mode d'assainissement : la plaine des Faluns, près de Marseille, dit Boudin ([1]), était un grand bassin marécageux qu'il paraissait impossible de dessécher par des canaux superficiels. Le roi René y fit creuser un grand nombre de puisards, ou *boitout*, qui rendirent cette contrée salubre et productive. D'autres fois encore, on élève le niveau du bassin marécageux par des procédés d'*atterrissement*. Le plus simple, quand les dispositions topographiques le permettent, est le colmatage. Le colmatage consiste à accumuler et à laisser quelque temps en repos, sur une surface donnée, une eau trouble contenant en suspension des quantités notables de particules terreuses qu'elle laisse déposer; il faut pour cela le voisinage d'un cours d'eau, charriant une quantité suffisante de limon. C'est ainsi qu'on a réussi, au commencement de ce siècle, à élever le sol d'une vallée marécageuse, appelée la Chiana, longue de 50 kilomètres, entre le Tibre et l'Arno. Quand on calcule que certains cours d'eau charrient dix, quinze et même vingt kilogrammes de limon par mètre cube d'eau, on comprend que l'exhaussement marche avec rapidité. En France, sur les bords de l'Aude et la Durance, on obtient souvent un exhaussement de 15 à 20 centimètres par année. Quelquefois on charge davantage encore l'eau de limon en y projetant incessamment la terre qui forme les parois du canal : l'eau peut ainsi transporter à une grande distance une quantité de matières égale aux quatre cinquièmes de son poids, qu'elle abandonne par un repos suffisamment ménagé.

Quand on a débarrassé le sol des eaux croupissantes, il est

([1]) *Ann. d'hyg.*, 1854, I, p. 123.

presque toujours nécessaire, pour compléter l'assainissement, de faire intervenir la végétation. La végétation, toujours luxuriante dans ces sols d'alluvion, hâte la réduction des matières organiques dont il est imprégné et absorbe l'excès d'eau. Certaines espèces végétales paraissent plus favorables que d'autres. Sous notre latitude, on a recommandé le tournesol (*helianthus annuus*) et la fève des marais. Dans les contrées plus chaudes, l'eucalyptus, dont la végétation est d'une merveilleuse rapidité, paraît avoir donné les résultats les plus favorables, spécialement en Algérie et en Corse.

Quand les circonstances ne permettent pas de dessécher les marais, on recourt quelquefois à une mesure tout opposée : on les submerge, c'est-à-dire qu'on les convertit en étangs. Une couche d'eau épaisse empêche la chaleur solaire d'atteindre le fond chargé de détritus organiques, elle arrête ou du moins modère leur fermentation, et si une certaine quantité de miasmes peut encore se former, ils sont, sans doute, dissous dans l'eau, où leur réduction s'achève.

En résumé, les marais disparaissant, disparaissent avec eux les fièvres et la cachexie palustre. Or, l'assainissement des marais, presque toujours possible, n'est guère qu'une question d'argent. Et que ne peut, à ce point de vue, l'énergie d'un peuple, quand elle est secondée par un gouvernement soucieux de ses véritables intérêts? Il y a quelques années, on évaluait l'étendue des marais en France à environ 500,000 hectares. Le 5 janvier 1860, dans une lettre qui est demeurée célèbre, l'empereur Napoléon traçait le programme des améliorations agricoles et hygiéniques les plus urgentes, et mentionnait spécialement de grands travaux d'assainissement et de dessèchement des marais. On se mit immédiatement à l'œuvre, et un rapport général, adressé aux ministres de l'empire en 1868, constate que la surface des terrains sur lesquels les travaux de dessèchement et d'assainissement ont été exécutés a été, en 1866, de 140,000 hectares, et qu'il existait encore, au commencement de cette année, des projets à l'étude pour une superficie de 240,000 hectares.

Notre Belgique, à la fois si laborieuse et si riche, ne devrait-elle pas pousser, avec plus d'activité, à l'assainissement des marais qui déshonorent encore ses plaines fertiles et qui chaque année empoisonnent un nombre considérable de nos concitoyens ?

Nous avons dit que le choléra ne naît jamais spontanément en Europe, et qu'il nous arrive toujours de son pays natal, l'Hindoustan, après des traversées diverses. La prophylaxie de ce fléau serait donc toute faite si l'on parvenait à éteindre son foyer d'origine sur les rives du Gange. Malgré les difficultés de l'entreprise, on ne désespérera pas d'arriver à ce résultat radical, si l'on veut bien tenir compte des considérations suivantes. A une époque déjà lointaine, sous le règne de ses princes indigènes, l'Hindoustan fut longtemps exempt de choléra; ses plaines fertiles, mais humides, étaient assainies par un merveilleux ensemble de canaux et d'autres travaux d'art. Il est déjà permis d'en inférer que des travaux analogues amèneraient le même résultat. Depuis la réunion de la Conférence sanitaire de Constantinople, qui, en 1866, a signalé à l'Angleterre et au monde que le foyer unique du choléra se trouve dans les possessions britanniques, cette grande nation a compris les devoirs qui lui incombaient; elle s'est mise à l'œuvre avec la ténacité qui la caractérise, et ses efforts ont amené des résultats très considérables déjà. Le docteur Dickson, délégué anglais à la Conférence sanitaire internationale de Vienne, en 1874, nous a communiqué des renseignements fort intéressants sur cette question. Le choléra, dit-il, grâce aux travaux d'assainissement accomplis par notre gouvernement, a disparu de Calcutta et va disparaissant même à Bombay, comme le prouvent les chiffres suivants: en 1870, trois cent quatre-vingt-seize habitants de cette dernière ville ont succombé au choléra; en 1871, deux cent quatre-vingt-quinze; en 1872, cent quatre-vingt-dix-sept; en 1873, quatre-vingt-dix-neuf [1].

Est-il au pouvoir de l'homme d'empêcher le développement du miasme pestilentiel, en modifiant les conditions nécessaires à

---

[1] *Procès-verbaux de la Conférence sanitaire internationale de Vienne*, pp. 14 et 15.

ce développement? Évidemment, il ne peut rien sur la chaleur du climat, mais il peut agir sur le sol. La peste ne s'est plus montrée sur les bords du Nil depuis 1843. Or, en 1842, on a commencé en Égypte de grands travaux d'assainissement; on a, en particulier, imposé de nouvelles conditions d'inhumation des cadavres. Depuis cette date, on a continué et complété l'application de ces mesures hygiéniques avec vigueur et persévérance. Il est permis de leur attribuer la disparition complète de la peste du sol de l'Égypte. C'est en poursuivant cette voie que les gouvernements de l'Orient parviendront, sans doute, à faire disparaître la maladie sans retour. Ils mériteront ainsi la reconnaissance, non seulement de leurs peuples, mais de l'Europe entière, trop souvent victime, dans les siècles écoulés, de l'importation du fléau égyptien.

Nous pouvons maintenant aborder l'étude des mesures destinées à détruire les agents pathogéniques qu'on appelle miasmes, et spécialement les miasmes féconds ou contages. En se plaçant au point de vue purement théorique, on peut affirmer que leur destruction est non seulement possible, mais facile. Sans doute, la science n'est pas encore parvenue à reconnaître la structure et la composition chimique de ces agents pathogéniques; mais on ne peut guère sortir des deux hypothèses suivantes : ou bien ils sont constitués par des substances organiques altérées qui, introduites dans une économie saine, y provoquent par une action catalytique le travail morbide qui constitue le choléra, le typhus ou la peste : c'est la théorie de Robin et de son école; ou bien ce sont des corps vivants, c'est-à-dire des organismes complets, microphytes ou microzoaires, ou des germes fécondés, spores ou ovules : c'est la théorie issue des magnifiques travaux de Pasteur.

En résumé, les miasmes sont donc des composés albuminoïdes; nous n'avons pas même besoin de nous enquérir s'ils sont inertes ou s'ils sont vivants. Or, une foule d'agents ont la propriété de détruire les composés albuminoïdes. On les désigne sous la dénomination impropre ou du moins incomplète de désinfectants.

Les désinfectants sont de deux ordres : d'un côté se rangent les désinfectants chimiques, de l'autre le calorique.

Les désinfectants chimiques sont nombreux, mais ils ne sont pas toujours applicables. Ainsi les agents énergiques, comme l'acide sulfurique ou les solutions de potasse, qui détruiraient le plus sûrement les principes morbigènes, détruisent aussi les tissus qui leur servent de véhicule. D'autres, comme le chlore, l'acide sulfureux ou l'acide phénique, ont une odeur fort déplaisante et ils exercent une action irritante sur la muqueuse respiratoire. D'ailleurs leur efficacité absolue est loin d'être démontrée : les expériences de M. Demarquay et de M. Colin tendent à prouver que ces agents n'arrêtent pas le développement des protozoaires dans les liquides albumineux et, quand ils y sont déjà formés, ils ne les empêchent pas de vivre et de se multiplier.

A côté des agents chimiques, il y a un désinfectant infaillible et exempt de ces divers inconvénients : c'est le calorique.

Le calorique est le désinfectant par excellence : si on élève la température à un degré suffisant pour amener la destruction de la matière organique, il est clair que la neutralisation du miasme sera radicale. Or il suffit, en thèse générale, de porter la température au voisinage du degré de l'ébullition de l'eau pour détruire sûrement les principes infectieux. On peut affirmer, comme nous l'avons dit, que ces principes sont des composés albuminoïdes, inertes ou vivants, et nous savons que l'albumine se coagule à une température bien inférieure à 100°.

De ces prémisses découle toute une série de procédés de désinfection par le calorique.

La combustion d'abord : lorsque les substances qui servent de véhicule aux miasmes ont peu de valeur, on les brûle complètement. C'est ainsi qu'on incinère la paille, la literie, le linge et les vêtements de peu de prix qui ont servi à des sujets atteints de maladies contagieuses.

Quelquefois on peut comburer le miasme sans détruire l'objet qui en est imprégné : je citerai comme exemple le flambage des navires. Cette opération consiste à lécher les parois du bâtiment avec une flamme légère et mobile, comme celle d'un bec de gaz monté sur un tuyau en caoutchouc. Ce procédé, trop peu utilisé, pourrait être mis en œuvre pour désinfecter les salles de malades et peut-être certains gros meubles.

Une méthode employée tous les jours consiste dans l'immersion des objets contaminés dans l'eau bouillante; on la fait suivre d'un lavage complet. Si l'immersion a été suffisamment prolongée — et quelques heures suffisent toujours — la garantie peut être considérée comme complète.

On peut utiliser l'eau chaude comme désinfectant de diverses autres manières. H. Bouley rapporte qu'en Allemagne les wagons qui ont servi au transport des bestiaux pendant le règne de la peste bovine sont soumis, avant d'être employés à de nouveaux transports, à une désinfection pratiquée avec de l'eau chauffée à 70°. L'eau tombe d'un réservoir élevé, et par sa chute et la force de ses courants elle détache et entraîne les matières organiques adhérentes aux parois des wagons; en outre, par sa température élevée, elle annule dans ces matières toute activité virulente (1).

Un autre procédé consiste à faire passer l'air chargé de contages à travers un foyer incandescent. Les foyers de salles de malades, et surtout les feux ouverts, nous rendent tous les jours ce service, mais d'une manière incomplète.

M. le professeur Fossion, de Liège, a exposé devant l'Académie de médecine de Belgique un procédé qui n'a pas assez attiré l'attention. Il consisterait à placer, à l'extrémité des principaux égouts d'une ville, une cheminée d'appel munie d'un bon foyer à travers lequel tous les principes infectieux, quels qu'ils soient, seraient entraînés et comburés (2).

On comprendra la valeur pratique de ce procédé si l'on veut bien réfléchir que les égouts sont le rendez-vous des déjections humaines et de détritus végétaux et animaux de toute espèce, véritables cloaques où s'accomplissent à quelques pieds sous terre les plus dangereuses fermentations; que ces cloaques communiquent avec les places publiques, les rues, les cours, les maisons elles-mêmes, par des regards presque toujours mal fermés, qui livrent à chaque instant passage à des bouffées d'air empoisonné.

---

(1) *Gazette hebdom.*, 1872, p. 298.

(2) Séance de l'Acad. de médecine de Belgique du 30 septembre 1871.

Que l'on établisse sur les principales artères du système collecteur d'une ville une cheminée munie d'un bon foyer, que la combustion de ce foyer ne puisse être entretenue que par l'air des égouts, et il en résultera immédiatement deux résultats d'une valeur inappréciable : d'abord la destruction radicale de tous les principes infectieux qui s'engendrent dans ces canaux et dans leurs embranchements; en second lieu un courant d'air continu et rapide, toujours dirigé dans le même sens, de sorte que les regards des égouts, fussent-ils ouverts, au lieu d'être des vomitoires infectant les rues et les habitations, deviendraient des bouches où l'air s'engouffrerait incessamment. Les égouts qui constituent aujourd'hui une source d'empoisonnement de l'atmosphère constitueraient au contraire un des plus puissants moyens de renouvellement et d'épuration de l'air.

Tous les procédés que nous venons de passer en revue ont leur valeur propre, mais ils sont loin de répondre à toutes les exigences de la pratique. Ainsi on ne peut brûler que des objets de peu de valeur; l'immersion dans l'eau bouillante ne peut s'appliquer sans dommage à une foule de tissus, parmi les plus précieux; quand elle est indiquée, comme pour les linges, le lavage entraîne de grands dangers pour les personnes qui en sont chargées. Le docteur Hamilton, de New-York, rapporte que, pendant l'épidémie qui sévit en 1866 dans l'hospice de Blackmel-Island, le linge souillé, au lieu d'être plongé immédiatement dans l'eau bouillante, fut trempé quelque temps dans l'eau froide, puis lavé dans l'eau chaude. Sur 34 femmes employées à la blanchisserie, 12, c'est-à-dire plus du tiers, succombèrent au choléra.

Le flambage n'est applicable qu'aux navires, aux wagons, à certains appartements, à des meubles grossiers.

Les cheminées d'appel ont un rôle important, mais circonscrit.

Il reste un dernier procédé qui peut rendre de grands services dans une foule de cas où les autres sont inapplicables, je veux parler des chambres de désinfection par le calorique.

Quoi de plus simple que la construction d'une sorte de chambre où l'on élèverait la température de l'air à 100 ou 110 degrés, après y avoir déposé tous les objets qui peuvent

servir de réceptacle au principe contagieux, et spécialement le linge de corps et les vêtements de toute espèce, les literies, les tissus végétaux ou animaux, et les matières premières avec lesquelles on les fabrique.

Tous les hôpitaux devraient posséder une chambre de ce genre. Mon savant collègue, M. Dewalque, professeur à l'école des mines de l'Université de Louvain, a bien voulu me faire le croquis d'une construction de ce genre où l'on peut désinfecter à la fois douze matelas et une grande quantité de couvertures, de linge et de vêtements.

Je m'arrête, mais je ne veux pas finir cet entretien sans une parole de reconnaissance.

Dans une communication si étrangère à vos méditations habituelles, et peu attrayante pour vous, puisque je n'ai touché que ces problèmes de souffrances et de douleurs qui sont ordinairement l'apanage exclusif des médecins, vous avez bien voulu me prêter une attention patiente, j'ose dire même une attention sympathique.

Je crois pouvoir m'expliquer votre bienveillance. Cette communication a roulé sur une éventualité qui, grâce à Dieu, n'est encore qu'une hypothèse, l'envahissement de nos régions par la peste. Mais cette hypothèse peut devenir une terrible réalité. S'il en était ainsi, vous retrouveriez peut-être quelques enseignements utiles dans les souvenirs de l'entretien d'aujourd'hui.

Par-dessus tout, je sais que vous trouveriez dans vos cœurs de chrétiens ce dévouement charitable, sans lequel la science n'est qu'une arme insuffisante dans ces grandes calamités.

Je le constate avec bonheur et avec fierté : la Société scientifique poursuit vaillamment sa mission. Elle cultive un double domaine, le domaine de la science pure et le domaine de la science appliquée.

Dans le domaine de la science pure, vous ne reculez devant aucune lumière : tout à l'heure votre attention s'élevait jusqu'à ce soleil qui est le centre lumineux de notre univers et dont le père Lafont vous a parlé d'une manière si intéressante. Beaucoup de savants modernes s'arrêtent là ; mais vous, Messieurs, savants

plus complets, vous aimez à vous élever de vérité en vérité, jusqu'à Celui qui est le soleil des intelligences et la lumière qui éclaire tout homme venant en ce monde.

Dans le domaine des sciences appliquées, pendant qu'on vous accuse de craindre le progrès et peut-être le développement du bien-être matériel, vous le poursuivez au contraire avec ardeur, car vous savez bien que dans toute découverte vraiment utile à la vie humaine vous retrouverez un don de la Providence, comme vous retrouvez un rayon de la lumière d'en haut dans toute révélation de la science.

L'apôtre l'a dit dans une parole d'une sublime concision : « Celui qui est la source de toute lumière est aussi l'auteur de tout don parfait. »

LA CONCURRENCE

DE

L'AGRICULTURE AMÉRICAINE

—

CONFÉRENCE

FAITE A L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 21 AVRIL 1879

PAR

M. Léon t'Serstevens.

Messieurs,

Il y a trois ans, nous venions à peine de constituer la Société scientifique; nous avions le droit, et jusqu'à un certain point, le devoir, de consacrer avant tout à cette œuvre naissante notre temps, nos ressources et nos forces; et cependant à l'une de nos premières séances nous cherchions déjà à provoquer la création d'une école, nous voulions doter notre pays d'un Institut supérieur de science agronomique.

D'un autre côté, nous sentions tous, nous connaissions, nous touchions du doigt les services rendus par l'Université catholique de Louvain. Dans toutes les sphères qu'embrasse le haut enseignement, nous trouvions les fils de l'*Alma Mater* rendant tous les jours à notre beau pays des services plus nombreux, plus signalés, plus marquants; il restait une lacune, Louvain nous donnait des savants dans la plus pure acception du mot; des hommes de science, des avocats et des médecins attestaient la supériorité de son enseignement; le génie civil dans toutes ses

applications, avait encore tout récemment ajouté un nouveau rayon à la glorieuse couronne de l'enseignement catholique et libre. L'agriculture seule semblait exclue de l'ensemble des œuvres qu'embrasse cette vaste organisation.

C'est au sein de notre Société, je le rappellerai toujours avec bonheur, que se constitua un comité dans le but bien déterminé de créer à l'Université de Louvain toute une faculté pour l'enseignement de la science agricole.

C'est avec un dévouement et une abnégation au-dessus de tout éloge que les membres de ce comité se consacrèrent à la réalisation de cette idée; de telle sorte que nous pouvons aujourd'hui constater l'existence de cette école suscitée par l'initiative de la Société scientifique, sous le patronage de l'éminent cardinal Deschamps, archevêque de Malines, et de tous les évêques belges.

Messieurs, lorsque nous vous demandions le concours de la science pour l'agriculture belge, lorsque nous vous prédisions les dangers qu'elle devait courir, les pertes que le pays devait subir par suite d'une crise probable de l'agriculture, nous avions devant les yeux la puissance de production de la Russie, la fertilité de la Hongrie, nous savions que la Californie nous avait apporté le grain dont le manquement de la récolte en 1871 nous avait privés, mais nous ne connaissions pas alors la puissance colossale de l'agriculture américaine. Nous ne savions pas alors que nous serions brusquement et presque du jour au lendemain obligés de soutenir une lutte peut-être mortelle, mais dans tous les cas bien dangereuse avec un concurrent, réunissant à un degré dont on ne peut mesurer toute l'étendue, et l'immensité du domaine agricole, et la puissance économique de la production, et la science, et le génie industriel et commercial.

Aujourd'hui mieux instruits, au moment où surgit brusquement de l'autre côté de l'océan cette puissance menaçante, plus que jamais nous devons le dire : la science est devenue pour nous la dernière planche de salut.

L'agriculture européenne sera scientifique, c'est-à-dire intensive, ou elle ne sera plus.

Nos cultivateurs belges ou français, allemands ou anglais, russes ou italiens, suédois ou portugais, devront demander au concours raisonné de la science, par l'emploi de la mécanique, une réduction de main-d'œuvre; par l'usage des engrais chimiques, une augmentation des produits du sol; par l'application des découvertes de la physiologie animale et végétale, une économie dans les frais de production, une augmentation dans les rendements; une diminution de dépenses par la suppression ou la réduction des matières inertes, des forces mal utilisées, des soins mal donnés, des travaux inutiles et des erreurs de l'empirisme; une augmentation de bénéfice, par l'emploi savamment étudié des adjuvants de production, par une judicieuse application de tous les éléments de production végétale et animale susceptibles de favoriser et d'augmenter la richesse agricole du pays.

Il m'est facile de démontrer par des chiffres ce que la science peut donner de force, de vitalité, de ressort à la culture en général.

Nul n'oserait contester que nous traversons une crise intense dont l'origine remonte au manquement de la récolte en 1871. La Belgique agricole n'a pas encore oublié ni même réparé les pertes subies par les alternatives de gelées intenses et de dégel subit de cet hiver funeste.

A côté de toutes nos cultures de location, et dans des conditions économiques on ne peut moins favorables, l'Institut agricole de l'État a obtenu par l'emploi des méthodes et des procédés scientifiques, des machines et des engrais chimiques dans la ferme-école, des résultats tellement rémunérateurs et enfin des récoltes et partant des bénéfices si considérables qu'ils serviront mieux que toute argumentation à faire saisir l'influence bienfaisante de la science sur les résultats financiers d'une exploitation agricole.

Alors que les rendements moyens du froment à l'hectare n'atteignaient en Belgique que 19 hectolitres en 1850, 20 hectolitres 89 litres en 1860, 21 hectolitres 15 litres en 1870, 19 hectolitres 66 litres en 1875, la moyenne obtenue à la ferme-école de Gembloux dépasse 35 hectolitres à l'hectare; mais pour obte-

nir des résultats semblables, il faut arriver à des maxima de production qui atteignent parfois 46 hectolitres ou 3,700 kilogrammes de froment à l'hectare.

La betterave donne des rendements encore plus significatifs. La variété jaune ovoïde des barres donne :

De 1861 à 1866 six récoltes, rendement moyen à l'hectare			. .	55,381 k.
De 1867 à 1869 trois récoltes,	—	—	. .	64,381 »
De 1873 à 1875	—	—	. .	71,940 »

avec des maxima dépassant 110,000 kilogrammes à l'hectare.

Alors que dans tous les environs de Gembloux le rendement moyen du colza ne dépassait pas 1,677 kilogrammes à l'hectare, à la ferme de l'Institut l'on obtenait 2,329 kilogrammes en moyenne.

Est-il surprenant dès lors qu'après avoir payé toutes les charges, location, contribution, main-d'œuvre, achat d'engrais et d'instruments, la culture des 66 hectares de terre que compte la ferme de l'institut ait produit en quinze années un capital immédiatement réalisable de plus de 200,000 francs, après avoir payé annuellement au bailleur 12,058 francs de location et à l'État 756 francs d'impôt foncier, plus des assurances considérables et des contributions locales?

Vous savez, Messieurs, que la comptabilité de l'institut agricole de l'État est soumise à l'inspection et au contrôle de la Cour des comptes, et qu'elle présente par conséquent toutes les conditions de régularité et de sécurité désirables.

Ces résultats acquis, il est facile de comprendre que là où les progrès de la science se sont manifestés plus puissamment qu'en Belgique, en Angleterre, l'agriculture consomme annuellement pour 150 millions de francs d'engrais artificiels, c'est-à-dire de substances minérales en très grande partie, rendues assimilables par la plante et utilisés économiquement par l'application des données scientifiques.

Je n'ai pu résister au désir bien légitime, je pense, de jeter un coup d'œil rétrospectif sur nos travaux; avant de terminer

mon exorde, permettez-moi de vous lire une page écrite par le comte de Gasparin en tête du premier volume des *Annales de l'Institut agronomique de Versailles;* elle expose bien éloquemment le but des efforts que nous continuons à faire pour parachever l'œuvre de la diffusion de la science agronomique :

« De l'Institut agronomique, » dit le comte de Gasparin, « sortiront des propriétaires éclairés au flambeau de la science, qui ne craindront plus de tenter les expériences profitables, parce qu'ils posséderont les données propres à en calculer d'avance les résultats, à l'abri des entraînements où l'enthousiasme déréglé et le charlatanisme poussent leurs voisins que l'instruction n'a pas prémunis contre ces séductions; — des administrateurs qui, par la régularité et la sûreté de leurs opérations, réhabiliteront la science aux yeux des populations, rebutées trop souvent par les désastres de ces agriculteurs improvisés qui se croient habiles pour avoir lu quelques livres et quelques journaux.

» L'Institut agronomique fournira aux Écoles d'agriculture les professeurs qui lui manquent; aux différentes contrées, des hommes éclairés qui deviendront le conseil de leurs voisins, au gouvernement, des fonctionnaires et des administrateurs sages et prudents. »

Et maintenant, Messieurs, je n'ajouterai plus qu'un mot, notre œuvre grandit, elle prospère et elle progressera dans la mesure des ressources qui lui seront fournies; il s'agit de doter largement cet enseignement si utile. Les encouragements ne nous ont pas manqué, l'argent a pris le chemin de nos caisses, il faut entretenir le zèle et le dévouement de ceux qui ont accepté la mission de réunir la dot de notre pupille, et de ceux qui consacrent leur fortune à la création et à la dotation des œuvres de la science.

J'aborde maintenant l'objet principal de cette conférence, l'Exposition universelle de Paris et l'Agriculture américaine.

Messieurs, a chaque période décennale la France organise une vaste Exposition internationale, et chacune de ces grandes assises se signale par une découverte, une œuvre saillante dans la section agricole.

En 1856, la foule des cultivateurs, des propriétaires fonciers, s'arrêtait devant les plans, les coupes, les installations du drainage qui a fourni à l'agriculture un nouveau domaine prélevé sur les marécages; et cette magnifique découverte, tout en assainissant des provinces entières, permettait de produire du froment là où une végétation malsaine n'engendrait que la fièvre paludéenne.

A cette même exposition la machine à battre venait montrer de nombreux spécimens de ces instruments, aujourd'hui si connus et si répandus qui devaient économiser les bras et permettre de donner une direction plus économique et plus productive à la main d'œuvre en substituant la mécanique mue par chevaux ou par vapeur au travail de l'homme pour l'immense opération du battage des moissons.

En 1867, l'exposition du Champ de Mars nous montre l'arsenal des instruments d'agriculture singulièrement enrichi ; c'est alors la faucheuse et la moissonneuse qui étonnent les agriculteurs et leur montrent une nouvelle et bien ingénieuse application de la mécanique à leur industrie. Dès lors les organes si délicats de ces instruments, des faneuses et des semoirs qui deviennent plus compliqués, font sentir la nécessité d'un enseignement technique spécial ; et l'utilisation, l'emploi plus général de la vapeur comme moteur économique dans la ferme et même dans les champs, complète cette démonstration.

Mais en 1878, les progrès de l'art mécanique sont prodigieux, la moissonneuse se combine et se complète par la lieuse et il devient possible maintenant de couper, de lier et d'enlever la récolte d'un champ sans le concours direct de la main de l'homme. La moissonneuse-lieuse passe en coupant le blé et en laissant sur son passage une série de gerbes parfaitement liées et couchées toutes dans la même direction perpendiculairement à la marche de la faucheuse; un chariot portant un chargeur américain suit le sillon de la moissonneuse, enlève les gerbes et les dépose sous la main de l'ouvrier qui les place régulièrement sur le chariot.

A côté de cet instrument si complet, l'outillage américain nous

réserve une autre surprise, il y a là une faucheuse qui abat un sillon de dix mètres dans les champs de blé et dont le perfectionnement est poussé à ce point que les épis tombant sur un élévateur, sont immédiatement versés par la moissonneuse elle-même dans un chariot qui les transporte directement à la machine à battre, de telle sorte que cette faucheuse coupe 25 hectares de froment par jour et que la batteuse vous livre le soir le grain battu de la récolte de ces vingt-cinq hectares. Le climat de la Californie dont la régularité est telle que de mémoire d'homme il n'y a jamais eu de pluie pendant trois mois à l'époque de la moisson, permet d'expliquer et de comprendre l'utilité pratique et l'économie réalisée par le seul emploi de ces instruments savamment combinés.

Joignez à ces engins si parfaits, les chemins de fer agricoles, dont l'emploi permet le transport aussi rapide qu'économique des matières les plus pondéreuses et les plus volumineuses, et tâchez de prévoir ce que sera la mécanique au point de vue de ses applications à la culture, à l'exposition de 1889.

Mais à côté de tous ces engins, nous trouvions encore à Paris les multiples applications à l'agriculture de la chimie et de la physiologie; si la mécanique nous émerveillait, le développement scientifique nous étonnait plus encore.

C'est à la France que revient la palme dans le développement scientifique de tout ce qui se rattache à l'agriculture. Des départements entiers ont été sondés, des terrains analysés et classés de telle sorte que, le sol et même le sous-sol étant parfaitement connus, il est facile de guider sûrement le cultivateur non seulement dans l'emploi et l'utilisation économique des éléments de production, mais encore dans la grande et délicate question des assolements et des emblavures. Ce n'est pas dans ces provinces que l'on verrait le cultivateur s'acharner à la culture de plantes que rebute le sol ou le climat, ou soumettre leur exploitation à des cultures successives, qui toutes enlèvent à la terre la même substance sous des formes diverses, sans qu'on s'occupe jamais de rendre au sol sous une forme ce qu'on lui enlève sous une autre. Dans d'autres centres de production agri-

cole nous voyons des stations expérimentales dirigées par des savants du plus rare mérite, appliquant la science dans les formes les plus élevées à la solution des problèmes qui se rattachent à la vie animale et végétale; c'est ainsi que sous l'inspiration d'une grande pensée nous voyons les savants de l'Institut de France donner l'enseignement aux élèves de la faculté agronomique de Paris, sous la haute direction d'un homme auquel la France devra le développement de sa prospérité rurale, de M. Tisserand, directeur général de l'agriculture.

Ce ne sont plus seulement les exhibitions qui viennent développer et favoriser le progrès agricole, mais par une heureuse innovation, à côté du Champ de Mars et de ses vastes galeries, nous trouvons le Trocadéro d'où, grâce aux congrès si multipliés, un vaste enseignement descend sur les travailleurs à tous les degrés.

Si les galeries du Champ de Mars ont puissamment contribué au progrès général, les vastes salles du Trocadéro, en groupant successivement les représentants de l'agriculture, de la science et des arts, n'auront pas rendu un moindre service au développement de la richesse sociale.

C'est la Société des agriculteurs de France qui a eu l'honneur d'ouvrir la série des congrès et de grouper autour de son président, M. le marquis de Dampierre, des envoyés de tous les peuples civilisés, dont un certain nombre, comme l'Angleterre, étaient représentés par des princes royaux, ou des personnalités des plus marquantes. C'est au Congrès agricole que nous constations la puissance redoutable de l'agriculture américaine; lorsque les délégués du Canada, les représentants des divers pays de l'Amérique ou de l'Australie nous exposaient la situation de leur agriculture, et qu'ils nous distribuaient les publications, les statistiques se rattachant à la production du sol de leur pays, nous éprouvions une émotion d'admiration bien vive qui nous faisait comprendre, mieux que la vue de leurs instruments d'agriculture, la nécessité de modifier nos procédés de culture et de les perfectionner.

Je ne veux pas vous fatiguer par une longue série de chiffres,

il faut cependant que vous me permettiez d'en citer quelques-uns.

Le relevé statistique officiel du ministre de l'agriculture des États-Unis, publié au commencement de l'année 1878, constate l'existence d'un bétail dont il estime la valeur globale au chiffre prodigieux de huit milliards deux cents millions de francs.

Or, Messieurs, vous savez que les chiffres de la statistique dans tous les pays et pour toutes les branches de l'avoir social sont toujours atténués.

Il suffit, pour s'en convaincre, de jeter les yeux sur les tableaux de la fraction de la richesse publique que l'on connaît le mieux.

Or, dans le travail statistique américain qui nous occupe, nous relevons les chiffres suivants :

11,300,000	vaches laitières d'une valeur moyenne de	fr.	137	55
19,223,500	bœufs et taureaux	— »	107	»
35,740,500	moutons	— »	12	95
32,262,500	porcs	— »	25	90

Le nombre des animaux domestiques, y compris les chevaux et les mulets, groupés ensemble sous la rubrique de « bétail vivant, » représentant un effectif de 110,493,600 têtes estimées, en moyenne, à 75 fr. 45 c. par tête, et formant ainsi une valeur totale de 8,201,149,900 francs.

Et dans ces mêmes États la production moyenne du grain ne s'élève qu'au chiffre de 5 milliards et demi de francs par an.

En Belgique nous possédions, d'après le relevé statistique de 1866 :

1,242,000	bêtes bovines d'une valeur moyenne de		fr.	335
586,000	moutons	— —	»	35
632,000	porcs	— —	»	66
283,000	chevaux	— —	»	631

Soit une valeur d'environ 657 millions de francs, ou à très

peu près 8 pour cent du chiffre de la valeur des animaux qui se trouvent aux États-Unis.

On peut ainsi se rendre facilement compte de la puissance que l'Amérique peut exercer sur nos marchés en particulier, et même sur tous les marchés européens.

Et cependant ces chiffres ne comprennent ni le magnifique bétail du Canada, ni les productions de tous genres des États du Sud de l'Amérique.

Mais pour bien se rendre compte du mouvement commercial qui se manifeste de jour en jour plus puissamment dans le nouveau monde, il faut non seulement relever les grandes lignes de chemin de fer qui ont été établies si rapidement en Amérique, mais encore bien remarquer que presque toutes ces lignes ont été faites au moyen des fonds que les compagnies se procuraient en hypothéquant les vastes territoires que l'État leur concédait le long de leur parcours sur une zone très étendue.

Au lieu de garantir un minimum d'intérêt aux souscripteurs des actions dont l'argent doit servir à construire les lignes de chemin de fer, comme cela se pratique dans plusieurs pays de l'Europe, l'État américain concède aux constructeurs de vastes étendues de territoire, que les compagnies colonisent le plus promptement possible, pour créer le trafic tout le long de leur réseau; de telle sorte que par la production du sol, les besoins de l'échange entre les populations urbaines et celles que l'on installe dans les concessions, le mouvement ne tarde pas à devenir très actif et très rémunérateur.

Mais ce mode de concession a pour effet d'augmenter aussi puissamment la quantité des produits de l'agriculture; de telle sorte que l'on peut dire qu'un nouveau réseau de voie ferrée représente immédiatement le défrichement et la mise à fruit de milliers et même de millions d'hectares, hier encore stériles et demain couverts de luxuriantes moissons.

Ajoutez au grand réseau du transport par vapeur l'innombrable quantité des petits tramways agricoles que possèdent presque toutes les grandes exploitations, et vous comprendrez

l'économie des frais de transports de l'agriculture américaine.

Voici comment procèdent les agriculteurs américains, après avoir achevé les divers travaux de la saison et le battage des moissons : ils disposent leurs réseaux de voies ferrées agricoles de façon à obtenir une ligne non interrompue de tramway leur permettant d'expédier presque sans frais leurs grains aux stations, et les expéditions terminées, ils reprennent chacun les kilomètres de voies qui leur appartiennent.

Au reste, si ce qui précède ne suffit pas à donner une idée du commerce des grains et des bestiaux en Amérique, nous trouvons dans l'*American Stockman* d'autres renseignements plus précis et plus significatifs.

Le nombre des bêtes bovines envoyées sur les principaux marchés des États de l'Union s'élevait, en 1865, au chiffre de 1,147,082 têtes; en 1878 il dépasse 5,448,154 têtes de gros bétail, et le publiciste qui nous donne ces relevés a bien soin d'ajouter que ces chiffres sont notablement au-dessous de la vérité, et il doit en être ainsi : quand on commence les études statistiques dans un pays, l'on est toujours entravé au début par des sentiments de méfiance, qui portent les intéressés à ne renseigner qu'une partie de leur avoir, de leurs produits ou de l'importance de leur commerce.

Depuis quelques années il s'est formé des docks-entrepôts très considérables pour le commerce du bétail; dès son ouverture le dock de Kansas-City reçoit 1,540,897 têtes de gros bétail et en réexpédie 1,296,642.

En 1878 Chicago reçoit 1 million de têtes de bétail et en réexpédie 700,000.

En 1878 les arrivages de porcs dans la même ville de Chicago présentent un excédant de 2,865,000 têtes sur les plus fortes années, et ce chiffre ne doit pas surprendre, puisque l'on abat à Chicago, pendant la saison d'hiver, environ 60,000 porcs par jour.

Mais en Belgique nous trouvons des renseignements bien autrement significatifs et d'une authenticité d'autant plus sûre que la vérification en est plus facile.

Les arrivages au port d'Anvers démontrent, au point de vue des intérêts belges, la puissance du commerce des viandes de provenance américaine.

Les éleveurs de l'Illinois, du Wisconsin, de l'Iowa et de Minnesota ont expédié à notre port, en 1878, 128,681 caisses et 9,344 barils de viande de porc, lard et jambons, pesant 30 millions de kilogrammes.

La viande de porc de provenance américaine se vendait à Anvers à raison de :

Fr. 106 à 140	les 100 kilog.	en 1876
» 80 à 108	—	en 1877
» 59 à 93	—	en 1878

Et la viande de porc du pays se vendait à Anvers, en 1876, 181 francs les 100 kilogrammes, et à Bruxelles 188 francs.

L'éloquence des chiffres dépasse ici toute la force que pourrait avoir l'argumentation la plus puissante.

Voyons maintenant quelle est l'importance de la culture et de la production du froment en Belgique. Je prends les chiffres donnés par la statistique officielle pour l'année 1876.

Les emblavures de froment couvraient cette année-là environ 300,000 hectares, et la production moyenne de l'hectare était de 20 hectolitres, dont la valeur pouvait être évaluée à 20 francs l'hectolitre, soit en somme un produit d'environ 120 millions de francs pour la Belgique.

Or, à cette même époque l'Amérique avait déjà mis en culture environ 70 millions d'hectares de terre, dont 13 millions étaient consacrés à la culture du froment, et produisaient environ 10 à 11 hectolitres à l'hectare ou 130 à 150 millions d'hectolitres.

Il faut aussi faire entrer en ligne de compte l'étendue des exploitations. Or, comme j'avais l'honneur de vous le dire il y a un instant, la ferme américaine comporte un assolement dont l'étendue permet l'emploi économique des machines les plus puissantes, ou la production du bétail dans des conditions particulièrement favorables et exceptionnellement économiques.

Je ne parlerai que pour mémoire des chiffres exceptionnels que nous donne M. Martinet dans son rapport présenté au Congrès des agriculteurs sur l'état de l'agriculture au Pérou [1]. Nous voyons que dans ce pays d'élevage du bétail par excellence, certains *hacienda* atteignent, comme celui de Mançora, une étendue de 50,000 kilomètres carrés; en admettant que ce chiffre doive être réduit à 5,000 ou même à 500 kilomètres carrés, il dépasse toutes nos idées sur l'organisation d'un établissement de culture ou d'élevage, à tel point que nous ne pouvons en estimer l'économie.

Mais le nombre de fermes dont l'importance dépasse plusieurs milliers d'hectares est considérable dans les États de l'Amérique du Nord, aux États-Unis, et explique parfaitement la forme de l'outillage que l'on trouvait groupé dans la classe 76 de la section américaine.

Voilà donc quelles étaient les révélations que le Congrès international d'agriculture, par l'organe des hommes les plus autorisés, et l'exposition, par les spécimens réunis dans ses vastes halles, nous apprenaient coup sur coup, et presque brutalement.

Permettez-moi de faire ici une petite digression : l'Américain n'est pas seulement devenu agriculteur, mais aussi viticulteur, et ses vins deviennent de jour en jour meilleurs, au point de faire comprendre à la France qu'elle aura sous peu à compter non plus seulement avec le phylloxera qui attaque sa vigne, mais avec un concurrent qui luttera sur les principaux marchés.

Après la vigne, l'oranger a aussi trouvé en Amérique un sol et un climat favorable. Les huîtres mêmes de ce pays viendront sous peu réduire d'une façon très sensible le prix atteint chez nous par ce coquillage recherché.

Maintenant devons-nous voir dans cet immense approvisionnement supplémentaire de nos marchés une amélioration des conditions d'existence de notre population ouvrière et besogneuse, ou au moins des consommateurs des villes. Je ne le pense pas.

---

[1] Imprimé à Paris au siège de la Société des agriculteurs, rue Lepelletier, 1.

Les pauvres, par les établissements de bienfaisance, sont les grands propriétaires du pays. Les hospices de Bruxelles ont de vastes propriétés rurales; la seule échéance des baux de location devant être renouvelés dans les trois premiers mois de l'année 1879 a amené une diminution de 80,000 francs de la rente de ces établissements.

En 1845, 914,937 parcelles cadastrales étaient cultivées par les propriétaires; en 1876, 1,131,112 étaient exploitées en faire-valoir direct. La propriété rendant trop peu pour faire vivre le propriétaire, le faire-valoir direct s'impose de plus en plus.

Une diminution de valeur des produits de la terre viendra atteindre le budget de 700,000 familles qui se livrent à divers titres aux opérations de culture ou qui possèdent le sol. La plupart de ces familles (plus de 500,000) ne possédant pas 5 hectares chacune, se trouvent dans une position précaire; la consommation de tous les objets, produits de l'industrie et du commerce, diminuera proportionnellement à l'abaissement des ressources des populations rurales, et le contre-coup d'un abaissement du prix des denrées alimentaires viendra se faire sentir d'une façon ruineuse pour ceux qui auront peut-être bénéficié des premiers effets de l'abondance des approvisionnements de nos marchés.

Que le prix du pain et de la viande descende à un taux inconnu jusqu'ici, quel sera le bénéfice qu'en tirera l'ouvrier, si l'abaissement des salaires découle de la diminution du travail industriel frappé par la pléthore des fabricats résultant de la diminution de consommation ?

Tout s'enchaîne au point de vue économique, et l'on ne peut impunément ruiner une branche importante du travail national, donner un développement exagéré à une autre, sans rompre l'équilibre nécessaire au développement de l'arbre de la richesse sociale.

Pouvons-nous impunément devenir tributaires de l'agriculture américaine au point d'être obligés de tourner les yeux vers les pays d'outre-mer pour connaître les conditions de l'approvisionnement de nos marchés, comme Rome était devenue tributaire

de l'Égypte et de la Sicile, et attendait impatiemment ses flottes chargées des blés de ces pays ? Je ne le pense pas. Je crois que cette situation constituerait un danger épouvantable pour l'Europe, et qu'elle serait le prélude de secousses qui ébranleraient les constitutions et l'état social du vieux monde tout entier.

Nous traversons une période de grande transformation pour la plupart de nos industries et tout particulièrement pour l'agriculture; les autres pays en voie de prospérité nous ont donné l'exemple des mesures à prendre.

Pour favoriser le développement de l'industrie viticole, l'Amérique a frappé l'importation des vins étrangers de droits presque prohibitifs.

L'Angleterre ne veut pas prohiber l'importation des bêtes venant de l'Amérique, mais redoutant la puissance de ce concurrent formidable, elle déclare son bétail atteint de maladies contagieuses et l'écarte ainsi de son marché.

La France, non contente de frapper l'entrée des grains étrangers d'un droit assez élevé, donne sous la forme d'acquits-à-caution une prime considérable à l'exportation des farines.

Et vous savez tous, Messieurs, quels sont les plans douaniers du prince de Bismarck.

Pour nous quelle pourrait être la situation si nous ne prenions aucune mesure pour assurer les conditions d'existence de notre agriculture.

L'enseignement de l'histoire fera, je l'espère, ouvrir les yeux aux aveugles volontaires.

Voici ce que je lis dans les *Annales de l'Institut national agronomique de France*, p. 51, années 1876-1877 :

« Un studieux économiste, M. Lallier, président du tribunal civil de Sens, a consigné dans le *Bulletin* de la Société archéologique de cette ville, des recherches faites dans le chartrier de l'hôtel de ville de Sens, où se trouvait une collection remarquable de baux authentiques de six des domaines de l'hospice de Sens et remontant jusqu'au XVe siècle. Il les dépouilla, les étudia, et put constater des faits qui feront l'étonnement de ceux qui croient

que l'agriculture était misérable autrefois et que nos progrès ne datent que de cent ans. Nous voyons, par exemple, un de ces domaines, d'une contenance de 69 hectares 22 ares de terres labourables, qui ne rapportait en 1510 que 1,798 francs, affermé en 1550 moyennant une quotité de grains qui, évalués aux cours moyens de notre époque, donne un chiffre de 2,597 francs, descendre successivement par des causes qu'il serait trop long d'examiner, au prix de 618 francs qui se produit en 1620, pour se relever ensuite peu à peu, mais si lentement qu'il n'est en 1720 que de 928 francs, en 1800 de 1,080, en 1830 de 1,460, et arriver en 1856, par un brusque bond, au loyer de 3,281 francs, et cela sans que l'on ait fait d'autres changements au domaine que la plantation en bois de quelques hectares de mauvaises terres, depuis longtemps en friche, plantation qui fut effectuée en 1741. Il résulte donc de ces relevés authentiques que ce n'est qu'en 1856 que la rente de cette propriété est revenue à un chiffre à peine un peu plus élevé que celui auquel elle était affermée en 1550, après avoir passé par des périodes désastreuses. »

Et M. Lallier ajoute plus loin :

« L'histoire de ces différentes propriétés présente une conformité remarquable, elles ont subi exactement les mêmes vicissitudes. »

Les troubles politiques, la misère et l'ignorance des populations rurales, le manque de sécurité pour les personnes et les choses ont pu avoir, avec l'indifférence et l'insouciance des gouvernements, des effets ruineux pour l'agriculture du plus beau pays du monde.

Mais aujourd'hui les mêmes causes peuvent produire les mêmes effets dans des proportions d'autant plus considérables que les moyens de communication plus parfaits, rétablissant l'équilibre rompu par un manquement partiel de récolte, empêchent le cultivateur de récupérer par le prix élevé ce qu'il a perdu par la quantité. L'agriculture n'est pas, comme les autres industries, soumise à la résultante de l'exactitude des calculs des hommes qui la dirigent; elle est dans les mains de Dieu qui

dispose des conditions climatériques, qui dirige les tempêtes et les intempéries des saisons. Elle a droit à plus de sollicitude de la part des gouvernants.

En 1871-1872 un manquement général des céréales en Belgique et dans une partie de l'Europe pouvait faire craindre une famine, ou un enchérissement désordonné dans les prix des grains. Les excellentes mesures prises par le gouvernement de M. Malou sauvèrent le pays de cette crise.

Aujourd'hui un courant passager d'exportation de l'Amérique menace l'agriculture et la prospérité du pays. *Caveant consules.*

Mais il ne faut pas nous faire d'illusion et nous livrer aux craintes exagérées d'une panique.

L'agriculture est exposée à un danger très réel; elle n'est cependant pas menacée définitivement dans son existence.

Les ressources de la science sont aussi considérables en puissance que les effets de la concurrence pourront l'être dans l'avenir.

Un mot dont on a trop abusé pour qu'il soit encore possible de s'en servir honnêtement se présente à moi dans ce moment, le *progrès.* Je ne veux pas l'employer.

Je préfère le travail, l'étude; la science doit faire partie aujourd'hui de l'éducation de celui qui se destine à la culture.

Je vous parlais, il y a quelques instants, des chiffres de production de la ferme-école de Gembloux, et je vous disais quels étaient les rendements en froment, betteraves et colza de ces terres profondément labourées, richement fumées, dotées de substances nécessaires à l'alimentation des graminées, des racines, des plantes oléagineuses et même textiles, des lins qui ont donné à Gembloux des résultats plus rémunérateurs que dans les emblavures voisines.

Je veux encore vous donner un exemple de la puissance du concours scientifique des hommes d'étude, dans une sphère d'action où certes leur intervention peut surprendre.

La Compagnie générale des petites voitures de Paris possédait en 1878 une cavalerie de 14,000 chevaux; le prix des rations

exerce une influence déterminante sur l'état de prospérité financière de cette société industrielle.

Ce sont des savants appartenant à l'Institut de France, comme M. Hervé Mangon, des spécialistes qui donnent à la science agricole leur temps et leurs études, comme M. Grandeau, le célèbre chimiste agricole, qui sont venus prêter à M. Bixio, l'intelligent et actif directeur de cette vaste exploitation, un concours dont je vais, par des chiffres, vous montrer l'importance.

Voici ce que je trouve dans le rapport présenté au conseil d'administration par M. Bixio en 1878 (1).

« M. Hervé Mangon, le savant professeur de l'Académie des sciences, nous propose d'établir une formule basée sur ces faits :

» Un animal est une machine à feu.

» L'aliment est le combustible.

» Les déjections sont les cendres.

» Analysez le combustible, analysez les déjections, la différence est ce qui a brûlé.

» Ce qui a brûlé contenait un poids donné de carbone et d'hydrogène libre. Corps définis, toujours identiques, qui ont dégagé un nombre de calories déterminé.

» Ce nombre de calories, multiplié par l'équivalent mécanique de la chaleur, donne la production théorique de kilogrammètres.

» Ce nombre théorique, multiplié par le coefficient d'effet utile, donnera le travail disponible. »

En opérant ainsi, dit M. Hervé Mangon, vous pourrez vous rendre compte des variations de ration de l'hiver et de l'été, et de toutes les relations du phénomène.

Partant de cette base et examinant quel peut être le travail exécuté par les chevaux de la Compagnie qui de deux jours l'un font environ 50 kilomètres, en mettant en mouvement un poids de 500 kilogrammes en moyenne, il restait à savoir quelle était la composition de ration qui fournissait au cheval au moindre

---

(1) Paris, librairie agricole, 26, rue Jacob, 1878.

prix la quantité de protéine nécessaire à sa bonne alimentation.

Par des analyses l'on était arrivé à connaître que la qualité de l'avoine peut différer à tel point qu'à poids égal, 8 kilogrammes, par exemple, l'une peut mesurer 21 litres et l'autre 16 litres; la première contient 634 grammes de protéine, la seconde 760. Dès lors tous les aliments ayant été analysés, l'on a compris qu'il était possible de modifier les rations.

C'est par cette étude que l'on est arrivé à diminuer la quantité de la ration d'avoine devenue trop chère, et à la remplacer par le maïs, le tourteau et les féveroles, et à faire ainsi, pendant l'année 1876, sur l'alimentation de 8 à 10,000 chevaux, une économie de 1,860,000 francs.

En 1877, la diminution de dépense atteint le chiffre de fr. 2,845 50 c^s par jour.

Et l'état sanitaire des chevaux s'améliore à tel point que la mortalité diminue en fortes proportions.

En 1872, 4,32 p. °/₀
» 1874, 3,80 —
» 1876, 3,54 —

En 1868 on réformait		16,76 p. °/₀	de l'effectif.
» 1872	—	14,81	—
» 1874	—	10,33	—
» 1876	—	12,77	—

Et chose bien significative, les pertes par la morve ont encore plus diminué.

En 1872, 1,58 p. °/₀
» 1874, 1,16 —
» 1876, 0,76 —

Il n'est pas surprenant qu'après avoir expérimenté ainsi les résultats de l'analyse chimique des fourrages et de la composition rationnelle et scientifique de l'alimentation des chevaux, le conseil d'administration de cette Compagnie ait voté un crédit de 100,000

francs pour la création d'un laboratoire de chimie et une allocation annuelle de 30,000 francs pour l'entretien de bureaux d'essais des matières alimentaires et la rémunération des chimistes qui les dirigent.

En Belgique, grâce aux subsides qui nous ont été largement alloués par l'honorable baron Kervyn de Lettenhove, dès son entrée au ministère de l'intérieur, nous avons pu créer des stations agricoles, et sous l'habile direction d'un chimiste distingué, M. Petermann, la station de Gembloux dès sa fondation a rendu à l'agriculture du pays les plus signalés services.

Contrôle des matières fertilisantes et des engrais du commerce, des semences, analyses des terres, des eaux, des fourrages, tout ce qui se rattache à l'industrie agricole, occupe ces établissements de véritable utilité publique.

Vous apprendrez avec plaisir que l'œuvre grandit et prospère; aujourd'hui l'association pour la fondation des stations agricoles compte quatre établissements : l'un à Gembloux, les autres à Gand, à Liège et à Hasselt.

Dix-huit fabriques d'engrais sont placées sous le contrôle des directeurs des stations qui veillent à ce que les matières fournies à l'agriculture soient exemptes de fraudes.

En 1871 la Belgique comptait cinq fabriques d'engrais chimiques, il en existe trente-sept aujourd'hui.

A Gembloux M. Petermann se livre aux études de la physiologie végétale, qui rendra sous peu, je l'espère, d'immenses services à l'agriculture; à Gand l'association compte installer prochainement des étables pour l'étude de la physiologie animale et de la valeur alimentaire des divers fourrages, des croisements avec des bêtes étrangères, de l'aptitude des races du pays ou des sous-races à la production du lait et de la viande.

Par l'exposé des résultats obtenus à la Compagnie des petites voitures de Paris, il est facile de comprendre l'importance des services qu'un établissement de ce genre peut rendre à l'agriculture belge, aux éleveurs, et à l'industrie de la production du lait, du beurre et de la viande.

Nous sommes dans une période de transition; à la veille de recueillir les bienfaits de la science, nous souffrons parce que pendant des années de prospérité inouïe, prospérité due à des faits spéciaux, mais non au travail et au progrès réel, nous ne nous sommes pas tenus au niveau des pays voisins et des autres industries.

Une agriculture puissante, mais cependant moins stable, moins bien assise que celle de la vieille Europe, vient nous écraser sur nos marchés par des produits obtenus presque sans frais, fruit d'une culture extensive, d'une étendue aujourd'hui sans limite.

Mais du jour au lendemain ces conditions peuvent être changées, et si nous permettions l'écrasement par l'étranger de notre production de céréales, nous préparerions infailliblement les voies à l'invasion de la famine.

Hâtons-nous d'améliorer nos routes, d'équilibrer au bénéfice de l'agriculture les tarifs des chemins de fer, de créer des écoles d'agriculture, de répartir les charges et les bénéfices de l'état social équitablement, et de ne plus écraser l'agriculture de charges et d'impôts, en lui refusant une part équitable dans les subsides; mais veillons surtout à ce que le cultivateur ne perde pas son capital d'exploitation. Ce capital est le fruit des économies de vingt générations; il ne faut pas qu'il se perde brusquement par un défaut de prévoyance de nos gouvernants (1).

Nous avons tous beaucoup appris à Paris en 1878, et l'attention est portée aujourd'hui sur la puissance agricole de l'Amérique; sous peu nous serons à même d'entreprendre la lutte, mais aujourd'hui nous n'avons pas encore pu forger les armes qui nous permettront de soutenir victorieusement le choc formidable du libre-échange. C'est pourquoi, je le répète, *Caveant consules.*

---

(1) En 1866, il y avait en Belgique 773,698 personnes se livrant à l'agriculture, et 50,804 propriétaires rentiers. Le domaine agricole mesurait 2,663,753 hectares, d'une valeur vénale moyenne de 3,946 francs l'hectare. Le prix des fermages atteignait le chiffre de 103 francs l'hectare. Comme le capital d'exploitation dépasse le triple et atteint souvent le quintuple de la valeur locative, on voit combien il importe de sauvegarder un capital aussi considérable.

Il dépend d'eux d'éviter que les vaches maigres ne mangent nos dernières vaches grasses.

Il est flatteur et honorable pour nous de constater au lendemain de cette grande Exposition de 1878, que la Société scientifique, en provoquant la création de la faculté agricole de l'Université de Louvain, a fait l'œuvre la plus utile pour favoriser, soutenir et développer la prospérité agricole de la Belgique.

DE LA SCIENCE

ET

DES CONDITIONS DU TRAVAIL SCIENTIFIQUE

AU POINT DE VUE DES UNIVERSITÉS CATHOLIQUES

ET DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

—

Lecture faite à l'assemblée générale du mardi 22 avril 1879

PAR

M. Louis HENRY

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'UNIVERSITÉ CATHOLIQUE
DE LOUVAIN.

Messieurs et chers Confrères,

Une des questions proposées par le Conseil général pour être l'objet d'un examen dans nos séances d'Octobre 1877, était ainsi conçue :

« Des moyens d'encourager les recherches et les publications » scientifiques. »

Il est regrettable que jusqu'aujourd'hui cette question n'ait pu être mise en discussion; il est plus à regretter encore qu'elle n'ait reçu aucune solution. A mon sens, il n'en est pas de plus importante, car il n'en est pas qui intéresse plus vivement l'avenir et la prospérité des sociétés scientifiques.

Venant vous en entretenir aujourd'hui, je ne dois pas vous dire que c'est au point de vue de la *Société scientifique de Bruxelles* seule que je me place. Il y aurait chez moi illusion et erreur à

vouloir envisager ce sujet sous un aspect plus général. Vous devinez clairement les motifs de ma réserve.

Nous constituons une Société scientifique, et à ce titre, notre but immédiat est de contribuer au développement et à la diffusion de la science [1]. Mais là ne peuvent pas se borner nos aspirations.

Au moment où s'est fondée la Société scientifique, des sociétés nombreuses, dont quelques-unes jouissaient d'une notoriété réelle dans le monde savant, existaient déjà autour de nous; en fonder une nouvelle sur le patron des anciennes, eût été inutile, regrettable même, car disséminer les forces, c'est toujours les affaiblir. Mais, sans vouloir prétendre que ces sociétés soient hostiles ou indifférentes, il est vrai de dire qu'elles ont été fondées en dehors de toute idée, de toute croyance religieuses et que, par conséquent, elles devraient, d'après leurs statuts et leurs règlements, se mouvoir dans une atmosphère purement scientifique.

C'est là qu'est une des principales raisons d'être de notre association. La Société scientifique de Bruxelles est en effet dans le monde, peut-être la seule société de ce genre, véritablement, complètement et j'ajoute officiellement chrétienne, acceptant dans leur intégrité les vérités de la foi et les enseignements de l'Église.

Lorsque des catholiques se réunissent pour travailler de concert, c'est toujours suivant la devise d'un ordre célèbre, *ad majorem Dei gloriam*. Complétant celle de l'*Association française pour l'avancement des sciences*, parce qu'en notre qualité de catholiques, nous ne séparons pas le sentiment national du sentiment religieux qui en est la source et la base, notre devise à nous doit être : *Par la science, pour la patrie et pour Dieu.*

La science n'est donc pour la Société scientifique de Bruxelles qu'un moyen pour atteindre à un but plus élevé et sa mission, tout en étant scientifique, est au fond une mission religieuse.

Cette mission religieuse ne consiste pas sans doute à récon-

---

[1] Article 2 des Statuts.

cilier la science avec la foi, car pas plus que l'Église n'a à se réconcilier avec la civilisation, pas plus la vérité religieuse dont l'Église catholique possède seule le dépôt sacré, ne doit être réconciliée avec la science, j'entends la science vraie, et non ces doctrines aventureuses qui en sont le roman. Mais nous avons à constater officiellement, si je puis m'exprimer ainsi, cet accord parfait. Nous avons à dissiper les obscurités, les malentendus, à la faveur desquels des contradictions apparentes s'établissent, à dissiper les nuages que l'on amoncelle à plaisir autour de la vérité dans l'impuissance où l'on est de la détruire pour la voiler, la défigurer, la dérober enfin aux regards des hommes de bonne volonté, plus nombreux encore qu'on ne le croit. Nous avons en même temps et surtout, puis-je dire, à travailler à détruire vis-à-vis du public scientifique certains préjugés, aussi profondément enracinés que généralement répandus, derrière lesquels s'abritent les mauvaises passions pour repousser et faire repousser la vérité religieuse, sous le masque séducteur de la science et de son culte.

On adresse deux reproches graves aux croyances catholiques et à ceux qui les professent, c'est d'être hostiles au progrès scientifique et de n'y pas contribuer, soit par leurs efforts personnels, soit par leurs encouragements.

Les voix les plus autorisées, celles des docteurs et celles des pontifes (1), l'ont souvent proclamé, l'Église n'est pas hostile au progrès scientifique. Elle ne peut pas l'être, car la vérité est une; non seulement elle n'a rien à redouter de ce progrès, mais elle peut en attendre de puissants secours tant au point de vue de sa doctrine qu'au point de vue de la diffusion de celle-ci dans le temps et l'espace, et par conséquent de son influence sociale.

Ici même, dans nos précédentes réunions, ces grandes vérités nous ont été rappelées dans d'excellents et d'éloquents discours (2) dont nous avons tous conservé le souvenir fidèle.

---

(1) Voir spécialement, parmi les documents récents, les lettres pastorales de son Ém. le cardinal Pecci, aujourd'hui Sa Sainteté Léon XIII, intitulées : L'Église et la Civilisation.

(2) Discours de MM. les professeurs Lefebvre, Gilbert, etc., du Père Carbonnelle, etc.

Mais les principes valent surtout par les applications que l'on en fait; n'y a-t-il pas sur le terrain de la pratique, au point de vue de la science, à faire une distinction entre l'Église et je ne dis pas *les* hommes, mais *des* hommes de l'Église? Se tromperait-il celui qui prétendrait que dans le clergé et parmi les catholiques pieux, se rencontrent parfois des personnes que le mouvement scientifique inquiète et effraie, et qui par là même ne sont pas disposées à en favoriser l'essor?

Messieurs, cette question des rapports des catholiques avec la science, qui se présente incidemment à mon examen, me paraît être, malgré des apparences contraires, au fond bien simple; je l'aborde sans embarras parce que je puis la résoudre sans crainte et sans dommage, dans la vérité complète; celle-ci est pour nous assez honorable, pour être dite sincèrement, telle qu'elle est.

Il y a dans cette question prise dans sa généralité, deux points distincts : celui de la diffusion de la science, celui de ses progrès.

En ce qui concerne la diffusion de la science, on n'accusera pas sans doute les catholiques, et au milieu d'eux, le clergé, d'hostilité ni de tiédeur. Est-ce que l'histoire de l'enseignement ne se confond pas pendant longtemps avec celle de l'Église? Je n'ai pas le temps de pénétrer avec vous bien avant dans le passé, mais je ne puis pas ne pas rappeler le rôle si actif et si glorieux qu'a rempli la papauté, et à sa suite, les grandes communautés religieuses, dans l'établissement des Universités, pendant de longs siècles, alors que l'on ne prétendait pas, comme aujourd'hui, expulser l'Église de l'école à tous les degrés. N'envisageons que les temps présents. S'il est vrai de dire que le dévouement à une cause se mesure à l'étendue des sacrifices qu'elle inspire, je demande quels sont ceux qui, aujourd'hui, sur notre continent, fondent des Universités, les fondent et les entretiennent à leurs frais? Et je réponds : les catholiques et les catholiques seuls. Ah! sans doute il est agréable de parler de son dévouement à la science et de faire un pompeux étalage des subsides grandioses qu'on lui prodigue, alors qu'on les puise dans les caisses de l'État, alimentées par des contributions for-

cées; mais quel mérite y a-t-il à donner l'or de son voisin, alors que l'on tient sa cassette, à soi, hermétiquement close? Répétons-le encore, car c'est notre honneur et notre force, ce sont les catholiques seuls qui savent créer et entretenir des Universités de leurs propres deniers, sans faire un appel continu aux caisses publiques, quel que soit le nom qu'elles portent; et dans les ressources nécessaires à l'existence de ces coûteux établissements, les contributions volontaires et généreuses, généreuses en elles-mêmes autant que par le sentiment qui les inspire, prélevées sur les revenus, bien modestes aujourd'hui, du clergé catholique, interviennent pour une grande part.

Ici, Messieurs, qu'il soit permis à un professeur de Louvain, en sa qualité d'homme de science, d'adresser en passant ses remercîments respectueux à l'Épiscopat belge, fondateur et protecteur de l'Université catholique. Je vais certainement au-devant de vos sentiments à tous, mes chers confrères, en associant à l'expression de ces remercîments la Société scientifique de Bruxelles tout entière. Ayons-en la confiance et la certitude, avec la coopération généreuse des catholiques belges, Nos Seigneurs les Évêques sauront toujours fournir à notre grand établissement d'enseignement supérieur, des ressources proportionnées aux exigences des services importants qui lui sont confiés.

Saluons aussi de toute notre vénération reconnaissante ce glorieux Épiscopat français, aussi grand par le talent que par la vertu, qui, avec le concours d'un clergé dévoué, vient de doter la France d'Universités catholiques. Prions pour le succès de ces grands efforts, les plus fructueux et les plus énergiques tentés pour la régénération et le salut de ce pays si noble et si malheureux, si cher à tous les cœurs catholiques, parce qu'il a tant fait et qu'il peut tant faire encore pour la cause de Dieu et de son Église. Espérons que ces jeunes Universités de Lille, de Paris, de Lyon, d'Angers, de Toulouse, je m'en voudrais d'en oublier une seule, fortes de la bénédiction de Dieu, fortes de la sève vivifiante des principes catholiques, parviendront à réunir en elles, malgré les entraves, les difficultés et les embarras qu'on leur suscite de toutes parts, une jeunesse aussi populeuse et

aussi digne d'estime que celle qui se renouvelle, depuis de longues années déjà, dans les divers établissements de leur sœur aînée de Belgique.

Le reproche d'hostilité au progrès scientifique a-t-il quelque fondement? J'affirme d'abord que ce sentiment n'existe à aucun degré ni sous aucune forme chez les catholiques instruits dans les sciences. Qu'il se rencontre çà et là parmi les catholiques étrangers aux sciences ou n'en possédant qu'une connaissance peu approfondie, chez les laïcs ou dans le clergé, des personnes qui se tiennent en défiance, moins sans doute vis-à-vis de la science que de ses adeptes, le fait est possible; je reconnais même sans embarras qu'il est réel. Mais que conclure d'un fait isolé et restreint à quelques cas particuliers? Croit-on qu'en dehors de l'Église, la science ne compte que des Mécènes? A la fin du siècle dernier, les républicains de Paris étaient d'avis que la république française n'a pas besoin de savants et un de leurs tribunaux envoyait Lavoisier à l'échafaud. Ira-t-on tirer de là une induction quelconque?

Au reste, pour apprécier justement l'attitude et les sentiments de certains catholiques étrangers au monde de la science, à l'égard de la science elle-même, on ne doit pas oublier que les savants de notre temps, du moins les hommes qui aiment à se regarder comme tels, ne sont pas en général orientés vers la religion. La science enfle, a dit le grand apôtre; trop souvent malheureusement, elle détruit dans les cœurs l'humilité sans laquelle la lumière de la foi cesse bien vite de briller dans les intelligences. La réserve dans laquelle se tiennent à l'égard de la science des personnes fortement empreintes du sentiment religieux est au fond parfaitement naturelle; c'est la réaction de l'esprit de foi contre l'esprit anti-religieux; toute action amène en effet une réaction en sens contraire et d'égale énergie, c'est là un principe aussi vrai dans la mécanique des forces morales que dans la mécanique des forces physiques. Le mal est qu'ici comme ailleurs, on confond le principe avec les hommes qui sont censés le représenter et de là vient qu'à cause de quelques savants, l'on refuse sa sympathie à la science elle-même, enveloppant celle-ci

dans la réprobation, juste à divers égards, dont on couvre certains de ses adeptes.

La Société scientifique peut contribuer à faire cesser cette défaveur, en calmant les craintes qui la provoquent et l'entretiennent; rassemblant dans son sein les hommes de science qui sont restés des fils soumis de l'Église, elle montrera, d'une manière péremptoire, devant et pour tout le monde, aux incrédules comme aux catholiques timorés, que l'abandon de la foi, de la vérité et de la pratique religieuses, n'est pas, comme on l'entend dire fréquemment dans certaines régions, la conséquence nécessaire de l'acquisition et de la possession de la vérité scientifique. Cette assertion est chez les uns une illusion, chez d'autres un mensonge. Non, la science n'est pas une des voies qui conduisent à l'incrédulité, et les grands pourvoyeurs de l'irréligion sont aujourd'hui, comme toujours, l'orgueil, la luxure et la cupidité.

Il est de règle dans le monde des gens qui se disent « éclairés » de taxer les catholiques de stérilité scientifique; c'est là un thème sur lequel on s'étend avec une complaisance marquée et à la faveur duquel on est autorisé à se décerner à soi-même des brevets d'infatigable fécondité; le procédé est habile, sa mise en œuvre commode, peu difficile, et le succès assuré.

Messieurs, ce reproche est aussi immérité que tous les autres, et la stérilité scientifique des catholiques est une de ces assertions gratuitement injurieuses contre laquelle proteste l'histoire tout entière des sciences! Pourrait-on citer une époque où les croyances catholiques n'aient compté dans le mouvement scientifique les plus illustres représentants? Je ne citerai aucun nom propre, vous les connaissez et d'ailleurs cette leçon d'histoire, si glorieuse et si consolante à la fois, a déjà été faite devant vous [1]. Mais ce ne sont là, dit-on, que d'admirables exceptions dignes de tous nos respects et devant lesquelles nous nous inclinons; et l'exception confirme la règle. On oublie que des exceptions fréquentes, se répétant dans tous les temps et avec une constance

---

[1] Voir le discours si remarquable prononcé par M. le Dr Lefebvre dans la séance inaugurale du 18 novembre 1875.

ne se démentant jamais, perdent ce caractère et deviennent un fait parfaitement normal. Si d'ailleurs le travail scientifique fourni par les catholiques, même dans les pays catholiques, n'est pas plus imposant par sa masse, y a-t-il lieu de s'en étonner alors que nous voyons la plus grande partie de l'Europe, de l'Europe qui jusqu'ici reste dans le monde la véritable terre de la science, et en Europe, les pays universitaires par excellence, livrés au schisme ou à l'hérésie, alors que dans les pays catholiques eux-mêmes, nous voyons les croyances catholiques et ceux qui les professent, si violemment, si généralement attaqués, et j'ajouterai si rarement défendus par les dépositaires du pouvoir? N'est-il pas vrai que souvent le titre de catholique est une cause de réprobation auprès des gouvernements et des corps savants! Alors qu'on tend à écarter les enfants de l'Église de toutes les positions où le travail scientifique est possible et aisé, il est injuste de leur reprocher de n'en point fournir davantage.

Quoi qu'il en soit, quelles que soient les difficultés et les amertumes de leur situation, je dirai qu'au point de vue de l'intérêt religieux, le plus élevé sans doute parmi tous, il serait désirable, puisque la science est si haut placée dans l'estime des hommes à notre époque, que les catholiques parvinssent à constituer dans la grande armée des savants une phalange plus nombreuse, plus forte et plus active. Il serait désirable que sous le rapport du nombre comme sous le rapport de la valeur, les savants catholiques pussent être cités partout au premier rang des travailleurs.

Messieurs, vous ne me permettriez pas de m'arrêter plus longtemps à repousser toutes les accusations injustes que l'on formule, au point de vue de la science, contre nos croyances. Ce n'est pas ici, d'ailleurs, devant vous, que la réfutation de ces erreurs, de ces préjugés, je dirai même de ces mensonges, doit être faite, c'est devant ceux qui paraissent y croire et qui les propagent. J'ajoute que ce n'est pas par des discours qu'il faut la faire, mais par des actes. La meilleure des réfutations, la seule véritablement victorieuse, ce sera notre travail. Au reproche de stérilité, que les catholiques opposent un bilan de travaux nombreux et d'un caractère vraiment scientifique, et par là même le

reproche d'hostilité qu'on adresse à leurs croyances perdra toute apparence de fondement, car on ne travaille pas à fortifier et à étendre ce que l'on déteste ou ce que l'on redoute.

Cessera-t-on alors d'adresser à nos croyances et à ceux qui ont le bonheur de les professer, les reproches d'hostilité au progrès et de stérilité? Ce serait une candide naïveté de le croire et de l'espérer. Quant à moi, je ne nourris, sous ce rapport, aucune illusion. J'ai la conviction que, quoi que nous fassions, nous resterons irrémédiablement pour les illustrations de ce que l'on appelle la libre-pensée et l'armée innombrable des badauds qu'ils traînent à leur suite, des hommes de peu, des ignorants pour ne pas dire davantage et des rétrogrades, ennemis de la lumière. Les mauvaises passions peuvent se taire quelquefois, elles ne désarment jamais. Mais en travaillant dans la mesure des talents que Dieu nous a départis, des forces et des ressources qui sont à notre disposition, nous aurons accompli notre devoir. Cette satisfaction suffit à une conscience chrétienne.

Les publications de notre Société sont aujourd'hui de deux sortes, une revue appelée à si juste titre *Revue des questions scientifiques,* et des *Annales.*

On doit attacher sans doute une haute importance à la *Revue,* à cette œuvre de vulgarisation et de haute critique scientifique; mais il s'en attache une plus grande encore à nos *Annales.* C'est là incontestablement le fait capital de notre œuvre. Nos *Annales* sont en effet les archives véritables de notre Société; elles en attestent la vitalité scientifique dont elles sont le produit et la preuve matérielle. C'est par conséquent sur nos *Annales* que nos efforts doivent être dirigés le plus énergiquement; aussi me suis-je surtout proposé de vous entretenir des moyens qui me paraissent les plus propres à encourager les recherches dont les résultats doivent y être consignés.

Si la question dont j'ai l'honneur de vous entretenir intéresse la Société tout entière, elle intéresse plus particulièrement la section dite des sciences physiques, à laquelle j'appartiens. Dans l'économie générale de la Société scientifique de Bruxelles, la

seconde section représente surtout les sciences expérimentales. A ce titre, nous avons, plus que d'autres, besoin de protection et d'encouragement, parce que les études et les recherches auxquelles nous devons nous livrer, réclament plus impérieusement des ressources pécuniaires.

Je n'ai pas la prétention de vous apporter, Messieurs, un véritable mémoire, moins encore un travail complet sur la question si grave que je viens réveiller devant vous, et qui touche par tant de côtés à tant d'autres questions, non moins importantes au point de vue des intérêts catholiques. L'étendue de mes loisirs, pour ne pas dire d'autre motif, n'est pas en rapport avec celle de ma bonne volonté. J'ai pensé qu'au moment où l'enseignement catholique, à tous les degrés et partout, est en butte aux plus violentes attaques, l'examen de la question présente ne pouvait être plus longtemps différé. J'aurai eu le mérite, en vous en entretenant, d'attirer sur elle votre attention et vos méditations : c'est en préparer, en assurer la solution.

Je me propose d'examiner cette question dans deux points :

Qu'y a-t-il à faire pour favoriser les recherches et les travaux scientifiques ?

Que peut dans ce but la Société scientifique de Bruxelles?

I

J'aborde le premier point : Qu'y a-t-il à faire pour favoriser parmi nous les recherches et les publications scientifiques ?

Je m'égarerais certainement si je voulais examiner cette question d'une manière générale en tant qu'elle pourrait concerner tous les membres de la *Société scientifique* indistinctement. Tous d'ailleurs ne sont pas appelés à prendre part d'une manière directe au mouvement scientifique et je ne dois pas craindre de blesser personne, si je classe mes excellents et honorables confrères en deux groupes, celui des *travailleurs* et celui des *protecteurs*. Je remercie, en passant, ceux d'entre eux qui, au milieu des soucis des affaires, des embarras et des agitations de la poli-

tique, au milieu des préoccupations inséparables de toute vie active, veulent bien se souvenir des intérêts de la science, prendre place dans nos rangs, nous encourager de leurs suffrages, nous fortifier de leur estime et nous aider de leurs deniers. Leur rôle à tous est certainement, au point de vue du succès de notre œuvre, plus important qu'ils ne le jugent, et si je les abandonne en ce moment pour m'adresser plus spécialement à d'autres, ce n'est que pour revenir à eux dans quelques instants.

Quels sont, Messieurs, ceux d'entre nos confrères que je range dans le groupe des travailleurs? Évidemment quiconque en a le désir ou la volonté. C'est là une qualification absolument accessible à tout le monde et dont l'attribution ne dépend que de la volonté de chacun. Cependant parmi nos nombreux confrères, il en est à qui elle revient de droit : ce sont incontestablement ceux qui sont voués à l'enseignement scientifique, et avant tous, ceux qui appartiennent à l'enseignement supérieur. Je tiens encore à dire que je reconnais parfaitement toute l'importance des services que peuvent rendre et que rendent souvent en réalité au mouvement scientifique, des hommes appartenant à l'enseignement moyen et même des *amateurs de sciences;* leurs travaux sont, à nos yeux, d'autant plus estimables, qu'ils sont plus spontanés.

Je dois attribuer, du moins en droit, la première place parmi les travailleurs aux professeurs des Universités, ou pour parler plus exactement, aux professeurs des Facultés. La raison en est que le travail scientifique fait en quelque sorte partie intégrante de leur charge et est pour eux, en une certaine manière, l'accomplissement d'un devoir.

En entendant ces paroles, aucun de mes collègues ne croira sans doute que j'ai l'intention de lui apprendre ce qu'il doit faire. Je ne rappelle qu'une vérité ancienne, connue et acceptée de tout temps et par tout le monde, dans les pays qu'on peut appeler justement les pays universitaires.

En effet, les Universités ont été regardées partout et toujours comme des établissements *professionnels* et *scientifiques,* tout à la fois. Je puis invoquer ici le témoignage autorisé d'un homme

qui a joui, parmi nous et à l'étranger, d'une grande notoriété scientifique. « L'institution des Universités, dit M. Spring [1], » répond à un double but : ces grands établissements ont d'abord » à transmettre aux générations qui s'élèvent, la science pour » elle-même avec ses méthodes et ses traditions; ils doivent » ensuite donner l'instruction nécessaire pour la pratique des » professions dites libérales. »

La mission du professeur d'Université est donc autre et plus étendue que celle du professeur de collége; celui-ci n'est strictement et peut n'être, tout en accomplissant son devoir dans toute sa plénitude, qu'un homme d'enseignement; le professeur d'Université doit être en outre un homme de science progressive et ses devoirs ne se restreignent pas à l'enseignement qui tombe de sa chaire. « Il n'est, continue M. Spring, aucun pro- » fesseur du haut enseignement, vraiment digne de sa position, » qui ne soit réformateur, au moins dans une partie de sa » science. Un homme qui a parcouru pendant vingt ou trente » années, devant un auditoire se renouvelant sans cesse, tout » le domaine d'une science, sans avoir fait faire des progrès à » cette dernière ou à sa méthode, a manqué sa vocation. »

Je ne méconnais pas sans doute que le premier devoir du professeur d'université, son devoir immédiat et le plus impérieux, est son cours, mais pour accomplir ce devoir dans des conditions favorables, et se maintenir au niveau élevé où le place l'estime publique, il est utile, nécessaire même, que toute son activité ne soit pas concentrée dans son enseignement oral et qu'il s'occupe en même temps de recherches et de travaux personnels.

Il y a de cela une double raison, l'une intellectuelle, l'autre morale. Et d'abord une raison intellectuelle : pour bien enseigner, une condition essentielle à côté de beaucoup d'autres qu'il serait oiseux de rappeler, est évidemment de bien savoir. Or, est-il un moyen plus efficace de bien connaître les choses que de s'efforcer de les perfectionner? Les efforts tentés pour décou-

---

[1] La liberté de l'enseignement, la science et les professions libérales. Liège, 1854, pp. 5 et 29.

vrir la vérité encore inconnue, alors même qu'ils demeurent stériles, quant à leur objet immédiat, ont toujours cet immense résultat, cet avantage certain, d'établir l'esprit plus solidement dans la possession de la vérité déjà connue qui sert de point de départ. Je suis sûr de n'être, sur ce point, contredit par personne. Ce serait donc se faire une idée fausse de croire que les élèves ne profitent pas du travail personnel du professeur, alors qu'ils n'assistent pas à ses recherches ou que les résultats de celles-ci ne sont pas de nature à leur être immédiatement communiqués.

Quant à la raison morale de la nécessité du travail personnel, la voici : la verité, quelle qu'elle soit, même dans l'ordre purement scientifique, pénètre dans l'homme non seulement par l'intelligence, mais bien aussi et pour une part plus grande qu'on ne le croit parfois, par le cœur. L'enseignement est en effet au fond un acte d'autorité; pour acquérir l'autorité morale nécessaire à l'accomplissement de sa mission, qui est de conquérir les intelligences à la vérité, le professeur doit évidemment inspirer à son auditoire une pleine et entière confiance, dans l'étendue, la solidité et l'excellence de son savoir. Un homme se sent toujours fort vis-à-vis de ses élèves, alors qu'il sait que ceux-ci ont conscience de sa valeur scientifique. Or, y a-t-il rien qui puisse relever son nom plus que la valeur de ses travaux personnels? J'ai moi-même été étudiant, et ici je parle d'expérience; pendant ces belles années que j'ai passées, il y a longtemps déjà, sur les bancs de l'Université catholique, je me sentais fier d'étudier sous la direction des hommes distingués qui ont été mes maîtres.

Si ces considérations sont vraies et applicables à tous les professeurs de l'enseignement supérieur, elles le sont surtout aux professeurs des Universités catholiques. Pour accomplir leur œuvre dans ce qu'elle a de plus élevé, c'est-à-dire leur mission religieuse et sociale, ces établissements doivent être non seulement des écoles professionnelles, mais en même temps des instituts scientifiques, dans le sens vrai et complet du mot. La raison en est évidente. Les Universités officielles se donnent partout comme des corps chargés de veiller au développement de la science, et cette mission, elles s'en font

volontiers, sans égard pour la vérité et la justice, un véritable monopole. Ne serait-ce pas leur donner raison que de transformer les Universités catholiques en des établissements purement professionnels? S'il en était ainsi, les professeurs des Universités catholiques ne seraient au fond que des répétiteurs de leurs collègues de l'enseignement officiel. Est-ce que cette situation d'infériorité serait tolérable? Où seraient, Messieurs, les maîtres, où seraient les serviteurs? On aurait beau nous appeler des professeurs, nous ne serions que des élèves. De quelle autorité pourraient jouir, je vous le demande, devant leurs élèves, devant le public, des hommes dont le savoir prendrait sa source exclusive dans les résultats du travail élaboré chez leurs concurrents, leurs adversaires et quelquefois leurs ennemis?

Un mot encore sur cet objet. Peu après la fondation de l'Université catholique, au mois de novembre 1834, s'ouvrit à Bruxelles sous la haute protection des loges maçonniques belges, un autre établissement d'enseignement supérieur, non officiel, qui s'attribua le titre d'*Université libre*. Parmi les discours prononcés lors de l'inauguration de cet institut, celui de M. Baron, professeur de littérature française, mérite d'être remarqué à certain titre; c'est un exposé des prétentions de la libre-pensée dans le domaine de la science et des griefs qu'elle impute à l'enseignement catholique. J'en détache le fragment suivant :

« S'il est manifestement démontré, dit M. Baron [1], que l'Uni-
» versité catholique, par son acte d'organisation, est apte, au plus
» haut degré, à un degré peut-être unique dans le monde, à dis-
» tribuer dans toute sa pureté et sa perfection la doctrine apos-
» tolique romaine, il ne l'est pas moins qu'*elle est radicalement*
» *inhabile à donner un enseignement* PROGRESSIF, *complet et*
» *universel.* »

On ne pourrait pas être plus brutalement explicite. Voilà donc d'après M. Baron et l'Université libre, l'enseignement catholique frappé d'incapacité radicale en ce qui concerne les sciences

---

[1] Discours prononcé le 20 novembre 1834.

humaines, puisque cet enseignement est essentiellement incomplet et nécessairement immobile.

Il n'appartient pas à un professeur de Louvain de montrer comment et dans quelle mesure l'Université catholique, vieille aujourd'hui de près d'un demi-siècle, a répondu par les faits à ces assertions injurieuses. Il ne peut pas convenir davantage à un professeur de Louvain d'examiner si, et jusqu'à quel degré, l'œuvre scientifique de l'*Université libre* est en rapport avec les prétentions qu'elle étalait dès 1834. Les faits sont là, nous les connaissons tous, et ils parlent un langage plus fort et plus éloquent que toute parole. Mais nous avons à tirer du discours de M. Baron une leçon : *fas est ab hoste doceri.* On nous accuse de n'être pas, en science, des hommes de progrès. Comment devons-nous repousser et anéantir ce reproche? Je ne connais pour cela qu'un seul moyen, il est invincible, c'est notre travail. La science progresse soit dans son objet par l'acquisition de vérités nouvelles, soit dans sa méthode par une exposition, une disposition plus rationnelle, plus parfaite des vérités déjà connues. Efforçons-nous d'en reculer les limites sous ce double rapport; en fait de sciences, ceux-là seuls ont le droit de s'appeler des *progressistes* qui sont des travailleurs féconds, des hommes de recherche et de savoir original.

La première mesure à prendre pour encourager le travail scientifique, est évidemment de le *rendre possible.*

Fût-on un homme de talent, riche d'intelligence et de savoir, eût-on le goût des études sérieuses, et la volonté ferme de s'y adonner, on serait forcément et irrémédiablement frappé de stérilité, si les moyens de travail faisaient défaut.

Examinons donc, Messieurs, quelles sont les exigences du travail et des recherches scientifiques.

Je tiens à déclarer, avant d'aborder cet objet, que ma pensée ne dépasse pas ma parole; elle ne se porte, ni sur personne ni sur aucun établissement. Mon but est uniquement de tracer ici des règles générales, en dehors de toute question d'application, car nous sommes réunis pour faire de la science et non de l'administration.

Les moyens, les conditions du travail scientifique sont de deux sortes, les uns *intellectuels*, les autres *matériels*.

J'entends sous le nom de moyens *intellectuels*, les objets immédiats de l'étude proprement dite, c'est-à-dire, les recueils, les journaux scientifiques, les mémoires, les livres en général. Vouloir travailler sur un sujet donné sans savoir au préalable ce qui a déjà été fait dans cette direction, c'est risquer de consumer son activité en efforts stériles, destinés à n'aboutir qu'a retrouver péniblement ce qui a déjà été fait antérieurement, et à lui servir de confirmation. Ce serait là presque perdre son temps.

Il est donc nécessaire que les Universités catholiques possèdent des bibliothèques bien garnies. Sans doute, il n'est pas question de décharger les professeurs de l'obligation de se constituer chacun leur bibliothèque personnelle; il est en effet des ouvrages et même des recueils d'un usage fréquent, qu'un professeur digne de ce nom, doit nécessairement posséder, mais il en est d'autres ne constituant pas des instruments d'étude journalière que l'on ne peut rencontrer que dans les grands dépôts littéraires. N'insistons pas davantage.

A la possession de ces moyens intellectuels, se bornent les exigences de certaines sciences; ainsi en est-il des sciences abstraites, des mathématiques pures, par exemple, de toutes les sciences, en un mot, dont l'objet immédiat n'est pas la matière. J'avoue naïvement que c'est là une situation privilégiée, qu'au milieu des embarras et des difficultés du travail expérimental, j'envie à certains de mes collègues.

Mais les sciences naturelles en général, celles qui reposent immédiatement sur l'observation et l'expérience, réclament encore d'autres instruments d'étude que des livres. Si les sciences physiques vivent d'idées, elles reposent surtout sur des faits, et les moyens d'en faire la conquête, qu'ils soient connus déjà ou qu'ils soient à découvrir, c'est l'observation et l'expérience. A ceux que la nature de leur charge oblige de s'occuper des sciences d'observation ou d'expérience, les Universités doivent fournir les moyens matériels de ce travail scientifique.

nénibles, ennuyeuses, qui ne lui apprennent rien à son habileté, mais qui sont à des élèves et à les perfectionner

ndité qui nous étonne chez
les instituts à la direction
serts, mais qu'autour
tent la mission de
déplorer la sup-
rmi les épreuves à la
que, le titre de docteur en
ut-on dire, la poule aux œufs
ntifique. C'est elle qui amène et
atoires pratiques des Universités alle-
ation d'étudiants intelligents et laborieux,
un de ces établissements une véritable ruche
Qu'on vienne à supprimer la dissertation et bientôt
le vide se faire dans ces instituts aujourd'hui si animés
florissants.

Le rétablissement de la dissertation parmi nous donnerait au travail scientifique, tant chez les professeurs que chez les élèves, le plus énergique essor, car la dissertation est non moins utile pour maintenir la vitalité de l'esprit scientifique chez le maître que pour l'éveiller chez l'élève, parce que pour apprendre à marcher à autrui, il faut savoir marcher et marcher soi-même. J'ai l'espoir que la situation actuelle, situation éminemment déplorable sous ce rapport, ne persistera pas.

Cette question si importante des exigences et des nécessités du travail pratique, en ce qui concerne les sciences en général et la chimie en particulier, a été traitée incidemment il y a peu de temps, dans la *Revue des questions scientifiques*, dans les articles si justement remarqués, publiés par notre éminent confrère, M. le professeur Gilbert, sur les éloges historiques de M. Dumas. J'aime à reproduire ici les paroles de M. Gilbert parce que j'y retrouve parfaitement ma pensée et que d'ailleurs elles sont la fidèle et énergique expression de la vérité.

cieux distribués avec intelligence pour la facilité du travail, et où les grands stimulants de la vie, l'air et la lumière, puissent arriver librement et abondamment.

A ces laboratoires, quelle qu'en soit la destination, doit être affectée une dotation suffisante. On dit que l'argent est le nerf de la guerre. On pourrait dire, avec non moins de vérité peut-être, que l'argent est le nerf de la science; sans doute qu'à lui seul il ne suffit pas; il ne donne ni le génie ni le talent ni l'application au travail; on connaît des hommes qui succombent presque sous le poids des subsides, sans rien produire, ou sans rien produire qui soit bien de nature à illustrer leur nom; néanmoins vouloir travailler sans ressources pécuniaires suffisantes, c'est, dans la plupart des cas, vouloir l'impossible. Il est en effet peu de travaux se rapportant aux sciences naturelles en général, susceptibles d'être entrepris et terminés sans un certain appareil instrumental. Quand l'esprit de l'homme se propose l'étude de la matière, sa main a besoin d'outils pour saisir celle-ci et l'examiner.

M. Thiers réclamait, à la fin du dernier Empire, pour la France, les libertés nécessaires; réclamons à notre tour, pour la vitalité complète de l'enseignement catholique, les ressources nécessaires.

Il est indispensable enfin qu'à ces laboratoires soit attaché un personnel suffisant d'aides et de collaborateurs, de garçons de service et de préparateurs. Dans les sciences en général, mais dans les sciences expérimentales surtout, tout travail scientifique comprend deux parts distinctes, la pensée et la réalisation matérielle de celle-ci. Cette dernière partie est, dans la plupart des cas, une œuvre longue et laborieuse. Il serait contraire à la dignité d'un savant d'avoir à s'adonner lui-même à ces soins, qui sont l'œuvre de la domesticité. J'ai entendu autrefois, sous ce rapport, des doléances amères de la part d'un homme, fort connu dans la science, et qui fut attaché a un grand établissement d'enseignement supérieur, officiel, dans un pays voisin. Ce serait aussi tenir bien peu de compte à un savant de la valeur de son temps, que de le forcer à s'occuper lui-même d'opérations

manuelles, longues, pénibles, ennuyeuses, qui ne lui apprennent rien, qui n'ajoutent rien à son habileté, mais qui sont propres à servir d'exercice à des élèves et à les perfectionner dans le travail pratique.

Quelle est la raison de cette fécondité qui nous étonne chez certains savants étrangers? C'est que les instituts à la direction desquels ils sont préposés ne sont pas déserts, mais qu'autour d'eux y travaillent des jeunes gens qui acceptent la mission de réaliser leurs pensées. Et ici, Messieurs, je dois déplorer la suppression de la dissertation inaugurale parmi les épreuves à la suite desquelles s'acquiert, en Belgique, le titre de docteur en sciences. La dissertation est, peut-on dire, la poule aux œufs d'or de l'enseignement scientifique. C'est elle qui amène et maintient dans les laboratoires pratiques des Universités allemandes, cette population d'étudiants intelligents et laborieux, qui fait de chacun de ces établissements une véritable ruche scientifique. Qu'on vienne à supprimer la dissertation et bientôt l'on verra le vide se faire dans ces instituts aujourd'hui si animés et si florissants.

Le rétablissement de la dissertation parmi nous donnerait au travail scientifique, tant chez les professeurs que chez les élèves, le plus énergique essor, car la dissertation est non moins utile pour maintenir la vitalité de l'esprit scientifique chez le maître que pour l'éveiller chez l'élève, parce que pour apprendre à marcher à autrui, il faut savoir marcher et marcher soi-même. J'ai l'espoir que la situation actuelle, situation éminemment déplorable sous ce rapport, ne persistera pas.

Cette question si importante des exigences et des nécessités du travail pratique, en ce qui concerne les sciences en général et la chimie en particulier, a été traitée incidemment il y a peu de temps, dans la *Revue des questions scientifiques,* dans les articles si justement remarqués, publiés par notre éminent confrère, M. le professeur Gilbert, sur les éloges historiques de M. Dumas. J'aime à reproduire ici les paroles de M. Gilbert parce que j'y retrouve parfaitement ma pensée et que d'ailleurs elles sont la fidèle et énergique expression de la vérité.

« Un laboratoire de chimiste, de physicien ou de minéralo-
» giste est aujourd'hui un atelier de précision, dans lequel les
» recherches exigent des appareils coûteux, un personnel intel-
» ligent et bien dressé, toutes choses assurément fort dispen-
» dieuses. Mais la dignité de l'enseignement, le progrès de la
» science sont à ce prix. Toute institution scientifique digne de
» ce nom, jalouse de se tenir à la hauteur de la science et même
» de contribuer à ses découvertes, doit savoir, au prix de grands
» sacrifices, doter largement ses laboratoires et ses collections.
» Si elle trouve que cela coûte trop cher, elle pourra bien pro-
» duire des rêveurs et faire un commerce de diplômes; elle
» n'aura plus le droit de parler de science [1]. »

II

Examinons à présent ce que peut en réalité notre Société pour activer chez elle et autour d'elle le mouvement scientifique.

Elle a, ce me semble, un premier devoir à remplir, c'est de mettre au service des hommes de science qu'elle compte dans son sein, son influence protectrice, afin qu'ils soient soutenus et encouragés dans leurs efforts, afin de faire prévaloir de plus en plus, dans les grands établissements catholiques d'instruction, dans une mesure de plus en plus large et de plus en plus complète, les idées générales que j'ai eu l'honneur de développer devant vous, quant au travail scientifique, quant à son importance et quant à ses exigences.

La Société scientifique peut, sous ce rapport, exercer une influence profonde, soit officiellement, en agissant comme corps, par ses déclarations de principe, soit surtout, ce qui est plus aisé peut-être, par ses membres individuellement, agissant isolément. Les opinions, les convictions dans les affaires humaines, ne se forment pas en un instant; l'esprit a besoin d'entendre souvent, fréquemment répéter la vérité et sous la même forme;

---

[1] *Revue des questions scientifiques*, t. II, p. 600.

à la fin, il l'accepte et celle-ci étant devenue une conviction, il agit en conséquence.

J'ai signalé tantôt la suppression de la dissertation inaugurale pour le doctorat en sciences, comme une des causes de la déchéance et de la diminution du travail scientifique en Belgique. Je serais d'avis que la Société scientifique en demandât à Nos Seigneurs les évêques, le rétablissement à l'Université catholique. Déjà la dissertation y est exigée pour les doctorats que décerne la Faculté des sciences ([1]); elle devrait l'être aussi pour les doctorats officiels, décernés conformément au programme de la loi de 1876. Cette mesure entraînerait pour nous les conséquences les plus favorables.

Mais il est des mesures à prendre d'un autre ordre et d'une portée immédiate. C'est de celles-là, Messieurs, qu'il me reste à vous entretenir succinctement.

Les sociétés savantes de toute nature usent de moyens divers pour favoriser et stimuler en elles ou autour d'elles le travail scientifique. Ces moyens peuvent être ramenés à trois : les concours, les récompenses ou prix décernés à certains travaux accomplis et publiés, enfin les subsides pour encourager des travaux à faire.

Je propose à la Société scientifique de Bruxelles de les mettre en pratique chez elle tous indistinctement et à la fois.

Le moyen le plus en usage et le plus ancien, celui que j'appellerai classique, consiste dans les concours avec prix.

Il est incontestable que les concours sont un stimulant réel, quelquefois puissant pour le travail. Il est des savants dont les titres scientifiques les plus glorieux sont des mémoires élaborés en réponse à des questions de concours. Je demande donc que désormais la Société ait aussi les siens. Afin que les concours soient fructueux, le choix des questions proposées doit être fait avec discernement, et l'importance des récompenses promises en rapport avec celles des questions elles-mêmes. C'est ce qui

---

([1]) Voir mon Rapport *Sur l'organisation générale des études et des examens en sciences à l'Université de Louvain*, REVUE CATHOLIQUE, t. XXX, année 1870.

malheureusement n'a pas lieu toujours ni partout; souvent les questions proposées sont trop difficiles, nécessiteraient, pour être résolues, des recherches, des études, des travaux trop étendus. Évitons ces défauts et soyons plus modestes dans nos prétentions, tout en restant sur le véritable terrain de la science. Évitons surtout de poser des questions insolubles, parce qu'elles devancent de trop loin la science dans son état actuel.

On doit le reconnaître, car l'expérience le constate, les concours restent souvent sans résultats. A côté des causes générales que je viens d'indiquer, il en est d'autres qui amènent encore cette stérilité malheureusement trop fréquente. Il est certaines sciences qui se montrent insensibles à ce genre de stimulant. Les concours ont toujours cet inconvénient de diminuer et d'enchaîner, dans une certaine mesure, la liberté du travailleur en lui montrant soit la voie à suivre, soit le but à atteindre. Il est des sciences qui plus que d'autres ne supportent dans leur marche des entraves d'aucune sorte, qui ont besoin d'une complète liberté d'allures; ainsi en est-il de celle que je cultive; les concours réussissent peu en chimie, et je ne connais guère, pour mon compte, de chimistes couronnés ou médaillés.

Pour suppléer à l'insuffisance de ce premier moyen d'encouragement, il y aurait, ainsi que cela se pratique déjà dans diverses associations scientifiques, à décerner, soit tous les ans, soit après plusieurs années, des prix spéciaux, aux meilleurs travaux présentés à la Société et publiés dans ses *Annales*, soit par ses membres, soit par des savants étrangers.

J'attache une importance spéciale à ce second moyen dont j'attends d'heureux résultats.

Je voudrais enfin que la Société allouât annuellement des subsides à certains de ses membres, pour entreprendre ou pour continuer des travaux offrant un intérêt scientifique réel et se présentant dans de bonnes conditions de succès.

Cet ensemble de mesures, dont l'efficacité est certaine, ne peuvent être mises en pratique qu'à une condition essentielle : c'est que la Société ait à sa disposition des ressources pécuniaires suffisantes. Mais je crois entendre déjà les réclamations et les

objections de notre savant secrétaire général ainsi que de notre vigilant trésorier. Il en est ainsi, Messieurs, en ce bas monde, tout aboutit finalement à une question d'argent; et il semble qu'il n'y ait qu'une seule chose qui soit susceptible d'être grandement pratiquée, sans métal, c'est la vertu.

Je ne vois pas dans la situation pécuniaire actuelle de la Société un obstacle insurmontable à l'adoption des mesures que je recommande; cette situation, laquelle ne m'est d'ailleurs connue que d'une manière superficielle, me paraît susceptible d'être notablement améliorée.

Nous n'avons pas épuisé toutes les sources de revenus qui s'offrent à nous. Le parti catholique, notre Société même, compte dans son sein de grands propriétaires, de grands capitalistes et de grands industriels, des hommes richement dotés des dons de la fortune et habitués à en faire un généreux et noble usage. Je ne me tromperai pas si j'espère qu'un appel de la Société auprès d'eux, en faveur de la science, serait entendu. Pourquoi n'attacherions-nous pas à certains prix le nom de leur généreux fondateur? L'Institut de France nous donne sous ce rapport un grand et fécond exemple.

Ne semble-t-il pas aussi que nous pourrions augmenter nos ressources permanentes? Le nombre des membres de notre Société est déjà considérable, sans doute, mais il peut s'accroître encore; rappelons-nous que le budget des voies et moyens est alimenté non par les fortes contributions que versent à l'État les rares éligibles au Sénat, mais surtout par l'accumulation des sommes minimes qu'y apportent les petits contribuables. Si chacun de nous voulait user de son influence auprès de ses amis, de ses connaissances, nos listes de membres pourraient être plus longues et plus complètes.

Les membres actuels de la Société payent chacun une cotisation de quinze francs et reçoivent en échange nos publications, du moins le volume de nos *Annales*. Ne serait-il pas avantageux de créer une nouvelle classe de membres, membres adjoints ou membres honoraires, astreints à ne payer qu'une rétribution inférieure, mais ne recevant pas, ou seulement en partie, nos publications en échange.

C'est là une question que je soumets à l'attention du conseil et de la Société pour en peser les avantages et les inconvénients.

Quoi qu'il en soit de la valeur de cette idée, il en est une à laquelle je tiens et que vous partagerez, c'est que dans ce temps où des œuvres de toutes sortes se sont constituées et prospèrent, la nôtre ne peut rester, si nous le voulons fermement, dans le *statu quo,* elle doit se fortifier et s'étendre. On a fondé le denier de Saint-Pierre; on a fondé le denier de la lutte, de la lutte politique; tout récemment, nous avons vu s'implanter partout le denier des écoles catholiques; fondons, Messieurs, le *denier de la science;* le denier de la science catholique. Dieu a béni ses aînés, il le bénira aussi.

C'est encore un nouvel appel à la charité catholique, dira-t-on. Je le sais, et j'ajoute : ce n'est pas le dernier.

On n'est pas catholique pour rien; la générosité est une vertu essentiellement chrétienne, et l'on ne doit s'abstenir de donner qu'alors qu'il n'y a plus de besoins à satisfaire, d'œuvres à fonder, à soutenir ou à encourager.

Vous savez combien nous sommes loin de cette situation privilégiée; elle ne peut pas même faire l'objet de nos espérances.

Un homme d'une célébrité néfaste, qui fut pendant plusieurs années le souverain d'un grand peuple, a dit un jour en s'adressant aux grands corps de l'État : « Les ressources de la France sont inépuisables. »

Ce n'était là qu'une exagération plus intéressée que patriotique; mais je dirai sans crainte d'excéder la vérité que les ressources de la charité catholique sont inépuisables, parce qu'elles ont leur origine dans l'amour de Dieu dont elles attirent la bénédiction.

PROGRÈS RÉCENTS DE LA GÉOLOGIE

PAR

M. A. DE LAPPARENT,

Vice-doyen de la Faculté des sciences à l'Université catholique de Paris.

OUVRAGES DE GÉOLOGIE.

M. Moniez (1) a fait paraître une édition française du Manuel de M. Credner.

M. Zittel (2) a publié le second fascicule, longtemps retardé, de son *Manuel de paléontologie;* ce fascicule est surtout relatif aux protozoaires et aux spongiaires, dont l'auteur a remanié la classification.

M. Rosenbusch (3) a donné un important traité de pétrographie microscopique, où il affirme nettement la division des roches massives ou éruptives en deux grandes séries, l'une antétertiaire, l'autre postérieure au début de la période tertiaire. Un caractère général des roches feldspathiques de la deuxième série est que leur feldspath, triclinique ou non, est toujours sensiblement vitreux.

M. Daubrée (4) a réuni, dans un volume enrichi de nombreuses figures, plusieurs travaux antérieurement publiés par lui sur les gîtes stannifères, l'usure des roches, la production contemporaine des minéraux et divers autres phénomènes géologiques. On y remarquera surtout les chapitres relatifs à la production des failles et des joints par des efforts de torsion, à l'imitation artificielle des plissements et des ruptures en pays de montagnes, enfin aux conséquences de ces expériences en ce qui concerne le métamorphisme régional.

(1) Paris, Savy, 1878-1879.
(2) Munich, 1878.
(3) *Petrographie der massigen Gesteine.* Strasbourg, 1877.
(4) *Études synthétiques de géologie expérimentale.* Paris, Dunod, 1879.

M. de Saporta [1] a publié un beau volume de paléontologie végétale, avec vues de paysages géologiques restaurés.

PHÉNOMÈNES ACTUELS.

On doit à M. Fouqué [2] une description détaillée des phénomènes volcaniques de l'île de Santorin. Cette publication est enrichie d'un grand nombre de dessins et de coupes. L'auteur montre que la structure de l'île est due à des éruptions successives et que la théorie des cratères de soulèvement n'a point à intervenir dans son explication.

Rappelons aussi l'étude de l'abbé Wolff [3] sur l'éruption récente du Cotopaxi, étude dont il a été rendu un compte détaillé dans la *Revue des questions scientifiques*, et qui est venue confirmer, d'une façon si péremptoire, les déductions de Ch. Sainte-Claire Deville relativement à la succession des fumerolles dans les volcans.

ÉTUDE DES ROCHES.

L'étude des roches, lancée dans une voie si féconde depuis l'intervention du microscope polarisant, suscite chaque année des travaux qu'un gros volume suffirait à peine à analyser. Bornons-nous à mentionner les études du P. Renard [4] sur la diabase de Challes, le travail de Michel Lévy sur la composition de l'ophite [5], enfin le mémoire du même auteur [6] sur la détermination des microlithes feldspathiques d'après les angles que font leurs directions d'extinction avec les contours des sections dans les plaques minces.

TERRAINS SÉDIMENTAIRES.

L'attention des Anglais, dans ces dernières années, s'est portée avec une certaine prédilection sur les terrains inférieurs au ter-

---

(1) *Le monde des plantes avant l'apparition de l'homme.* Paris, Masson, 1879.
(2) *Mém. des savants étrangers.* Paris, 1879.
(3) *Neues Jahrbuch,* 1878.
(4) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 2me série, t. XLVI, no 8.
(5) *Bull. de la Soc. géol. de France,* 3me série, t. VI, p. 156.
(6) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences,* 4 fév. 1878.

rain silurien. M. Hicks (1) a proposé, pour les désigner, deux nouveaux noms, ceux de *dimétien* et de *pébidien*, auxquels il en a bientôt ajouté un troisième, celui d'*arvonien*. Après la création, par les Américains, des mots de laurentien et d'huronien, ces dénominations nouvelles ne nous semblent propres qu'à compliquer la science sans profit. En somme, le dimétien est l'étage du gneiss, l'arvonien celui des pétrosilex (*Hälleflinta*) et le pébidien celui des chloritoschistes.

Il règne, sur toute la surface du globe, une remarquable uniformité dans la composition générale de ces terrains primitifs. M. Sterry Hunt (2) l'a bien reconnu, et il a fait voir que, de bas en haut, on observait une diminution constante dans la proportion d'alcali que contiennent les roches, preuve évidente, selon nous, que le métamorphisme a peu de chose à voir avec leur formation. Telle est, du reste, la conclusion de M. Wichmann (3), qui, en étudiant au microscope les schistes huroniens du Lac supérieur a trouvé (comme MM. de la Vallée Poussin et Renard pour les schistes ardennais), que les éléments cristallins de ces schistes s'étaient formés directement par agrégation quand les roches étaient encore plastiques.

M. Lapworth (4) a poursuivi ses intéressantes études sur les schistes à graptolithes d'Écosse; grâce à lui, il n'y a plus de difficulté à établir le synchronisme du silurien de cette contrée avec celui de l'Angleterre, de l'Amérique et de la Norwège. De son côté, M. Linnarsson (5), s'autorisant des travaux de M. Lapworth, a annoncé que les schistes à graptolithes de Westrogothie étaient postérieurs à ceux des colonies de Bohême. Ce serait donc au Sud, et non vers le Nord, qu'il faudrait chercher la source de la migration qui, en Bohême, a amené les graptolithes dans l'étage des quartzites.

M. de Tromelin (6) a fait faire de sérieux progrès à la connais-

---

(1) *Quarterly Journal of the Geol. Society*, t. XXXIII, p. 229. — *British Association*, 1878. — *Geol. Magazine*, 1878, p. 460.

(2) *British Association*, 1878. — *Geol. Magazine*, 1878, p. 466.

(3) *Geol. Society*, 19 juin 1878.

(4) *Geological Society*, 21 nov. 1877.

(5) *Geol. Magazine*, 1878, p. 277.

(6) *Assoc. française*. Le Havre, 1877.

sance du terrain silurien de l'Armorique et de la Normandie, pendant que M. de Lapparent (1) se livrait à l'étude stratigraphique du bassin de Mortain.

Le silurien a été découvert dans les régions du pôle nord, lors de l'expédition de l'amiral Nares, par MM. Feilden et de Rance (2). Le silurien inférieur et l'étage de Wenlock y sont représentés; le type est plutôt américain.

M. Lesquereux (3) a fait connaître diverses plantes terrestres dans le silurien. Il est vrai que, dans le nombre, il mentionne l'*Eopteris*, signalé par M. de Saporta dans le silurien de l'Anjou. Or il résulte d'une communication récente de M. Hermite (4) que le prétendu *Eopteris* consiste en arborisations de pyrite qui se sont infiltrées entre deux lames de schiste, le long d'un canal qui, probablement, représente la trace laissée dans la vase par un annélide.

M. Gosselet (5) a étudié la faune des schistes dévoniens de la Famenne, et M. Barrois (6) a trouvé en Espagne, dans la province de Léon, un équivalent des schistes de Wissembach, que M. Maurer (7) hésite moins que jamais à maintenir dans le dévonien.

Le carbonifère de l'Oural a donné lieu à d'intéressantes études de la part de M. de Moeller (8). Il en résulterait que, dans ce pays, le calcaire à fusulines surmonte nettement le calcaire à *Spirifer mosquensis*, lequel est lui-même supérieur au calcaire à *Productus giganteus*.

La présence du calcaire carbonifère a été constatée près du pôle nord, par 82° 49′ de latitude septentrionale. MM. Feilden et de Rance (9), aidés de M. Etheridge, y ont signalé des fossiles déjà recueillis dans le carbonifère du Spitzberg et des îles Parry.

---

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3me série, t. V, p. 569.
(2) *Geol. Society*, 17 avril 1878.
(3) *American philos. Society*, 19 oct. 1877. — *Geol. Mag.*, 1878, p. 356.
(4) *Soc. géol. de France*, séance du 19 mai 1879.
(5) *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. IV, p. 303.
(6) *Assoc. française*, 1877, p. 536.
(7) *Neues Jahrbuch*, 1878, p. 49.
(8) *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3me série, t. V, p. 559.
(9) *Geol. Society*, 17 avril 1878

Signalons encore, pour le terrain carbonifère, les études poursuivies par M. Grand'Eury (1) sur la végétation de la période houillère et le mode de formation du combustible minéral. La proportion des débris transportés et flottés dans l'eau aux souches en place est, à Saint-Étienne, de cent pour un. La houille paraît donc résulter surtout de débris végétaux tombés dans un liquide tranquille et accumulés ainsi en grandes masses. M. Grand'Eury indique diverses raisons qui lui font croire que la plupart des couches de houille ont dû se former beaucoup plus vite qu'on ne l'a admis jusqu'ici.

M. Benecke (2) propose de faire entrer définitivement le grès des Vosges dans la formation triasique, dont il n'est séparé, selon l'auteur, par aucune discordance.

La flore triasique de Suisse a été étudiée par M. Heer (3), pendant que M. Curioni (4) établissait de nombreuses subdivisions dans le trias de la Lombardie.

Pour ce qui concerne le terrain jurassique, nous mentionnerons les travaux de M. Jules Martin (5) sur le bathonien de la Côte-d'Or, ceux de MM. Blake et Hudleston (6) sur le corallien d'Angleterre, ainsi que la description détaillée du jurassique supérieur du Bas-Boulonais, donnée par M. Pellat (7), avec indication précise de tous les gisements fossilifères de la région.

M. Dieulafait (8) ayant cherché a prouver que, d'un bout à l'autre du Jura, la zone à *Ammonites tenuilobatus* est inférieure au corallien, M. Choffat (9) a donné des preuves, selon nous irréfutables, de la superposition de cette zone au corallien proprement dit. De la sorte, les couches en litige, appartenant à la base de l'étage kimméridien, c'est-à-dire à l'astartien ou séquanien, séparent le corallien vrai, à Diceras, du niveau, corallien par

---

(1) *Assoc. française*, 1877, p. 517.
(2) *Abhandlungen zur geolog. Specialkarte von Elsass...* — NEUES JAHRB., 1878, p. 534.
(3) *Flora fossilis Helvetiæ*. Zurich, 1877.
(4) *Geologia delle provincie Lombarde.*
(5) *Mém. de l'Acad. de Dijon*, t. V, 1878.
(6) *Geol. Mag.*, 1878, p. 90.
(7) *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. V, p. 173.
(8) *Bull. de la Soc. géol.*, 3me série, t. VI, p. 111.
(9) *Mém. de la Soc. d'émulation du Doubs*, 1878.

son type, mais kimméridien par son âge, de Valfin, de Nattheim, etc.

On doit au même M. Choffat [1] des études détaillées sur les étages callovien et oxfordien dans le Jura, ainsi que sur la distribution relative des coraux et des spongiaires dans la chaîne jurassique.

M. Ernest Favre [2] a décrit le jurassique supérieur des Alpes suisses et savoisiennes et indiqué sa concordance avec celui des contrées voisines. Il admet qu'il n'y a eu aucune interruption de la série sédimentaire, soit dans les Alpes, soit dans la région méditerranéenne, entre le dépôt de l'oxfordien et celui du néocomien.

Enfin M. Struckmann [3] a publié une description du jurassique supérieur du Hanovre, où il est conduit à des conclusions tout à fait conformes à celles de MM. Favre, de Loriol, Choffat et autres, sur la vraie place de la zone à *Ammonites tenuilobatus*.

Le terrain crétacé inférieur a fait l'objet d'importantes études de détail par M. Ch. Barrois [4]. Pendant ce temps, M. Cornet [5] annonçait la découverte faite à Bernissart, dans une faille du terrain houiller, d'une argile aachénienne avec restes d'Iguanodon. Ainsi se trouve confirmée l'assimilation faite autrefois par Dumont entre l'aachénien et le néocomien inférieur ou wealdien.

Le *tourtia*, bien connu des mineurs du Hainaut, a été étudié par M. Ch. Barrois [6] qui a fait voir que cette dénomination était appliquée, suivant les cas, à cinq assises différentes, dont l'une est au sommet du cénomanien, tandis que la plus ancienne se rapproche de l'étage aptien.

M. Barrois [7] a encore donné la composition détaillée des étages cénomanien, turonien et sénonien dans les Ardennes, et

---

(1) *Mém. de la Soc. d'émulation du Doubs*, 1878. — *Club alpin français*, 1877.
(2) *Mémoires de la Soc. paléontologique suisse*, 1877.
(3) *Der obere Jura der Umgegend von Hannover*, 1878.
(4) *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. V, pp. 227, 263.
(5) *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. V, p. CV.
(6) *Ann. de la Soc. géol. du Nord*, t. V, p. 336.
(7) *Idem*, t. V, p. 484.

M. H. Arnaud (1) a fait connaître les nombreuses subdivisions du sénonien et du danien ou dordonien dans le bassin de l'Aquitaine. Ce dernier étage, contemporain des craies de Ciply et de Maestricht, est parfaitement développé dans la Charente, où l'on retrouve des baculites et des hemipneustes. Ce même étage se retrouve dans le *garumnien* de M. Leymerie et dans la craie de Tercis, près de Dax.

Notons encore, à propos du terrain crétacé supérieur, le grand travail de M. Schlüter (2) sur les céphalopodes de la craie du nord de l'Allemagne et la découverte, faite par M. Meek (3), de cet horizon à l'île Vancouver.

M. Cotteau (4) a étudié les échinides trouvés par MM. Cornet et Briart dans le calcaire de Mons; ces fossiles confirment l'analogie de la faune de Mons avec celle du calcaire pisolithique des environs de Paris.

Les terrains tertiaires de la Belgique continuent a être l'objet de l'attention des géologues de ce pays. MM. Vincent et Rutot (5) ont décrit la faune du landénien inférieur. Les mêmes auteurs (6) ont démembré le système laekenien en deux assises, l'une, contemporaine du calcaire grossier moyen de Paris, l'autre, dite système *wemmélien*, correspondant à l'argile de Barton et aux sables de Beauchamp. Enfin, ils ont également étudié la distribution de l'étage yprésien dans le Brabant (7).

Des gisements intéressants du terrain éocène ont été signalés par M. Vasseur (8) aux environs de Nantes; ces gisements, très riches en fossiles bien conservés, se relient à ceux du cotentin.

La partie du terrain nummulitique des Alpes, connue sous le nom de *Flysch*, a été étudiée par M. Th. Fuchs (9). Faisant revivre une idée déjà émise par MM. Abich et Alph. Favre, l'auteur

(1) *Actes de la Soc. Linnéenne de Bordeaux*, t. XXX et XXXI.

(2) *Verhandlungen des naturhist. Vereins der preussischen Rheinländer.* — NEUES JAHRBUCH, 1878, t. XXX, p. 99.

(3) *Bulletin of the U. S. Survey of the Territories*, t. II, n° 3.

(4) *Mém. de l'Acad. roy. de Belgique*, 1878.

(5) *Ann. de la Soc. malacologique de Belgique*, t. XI.

(6) *Idem*, t. V, p. 56.

(7) *Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. V, p. 67.

(8) *Bull. de la Soc. géol. de France*, 3me série, t. VI, p. 81.

(9) *Sitzungsberichte der K. K. Akad. der Wissenschaften.* Vienne, 1877.